

PCS 및 IMT-2000 이중대역용 광대역 세라믹 유전체 안테나 설계

The Design of the Broadband Ceramic Dielectric Antenna for PCS and IMT-2000 Dual Band Application

문정익 · 박성욱

Jung-Ick Moon · Seong-Ook Park

요약

본 논문에서는 저유전체의 한 면에 고유전체를 부착하는 기존의 광대역 기법을 개선하여 새로운 광대역 세라믹 유전체 안테나를 제시하였다. 제안한 광대역 기법을 사용하여 광대역 안테나를 설계할 수 있었으며 대역폭의 감소문제를 줄일 수 있었다. 본 논문에서 제안한 세라믹 유전체 안테나의 경우 10 dB 반사손실에서 대역폭을 33.9 % 까지 증가시켰으며 세라믹 유전체 안테나의 특성은 실험치와 유한요소법을 사용한 해석치가 잘 일치함으로써 확인할 수 있었다. 제안한 세라믹 유전체 안테나 모델을 사용하여 PCS 및 IMT-2000 이중대역에서 사용이 가능한 광대역 안테나를 설계, 제작하였다.

Abstract

This paper proposed a novel broadband ceramic dielectric antenna by improving the conventional broadband technique that very high permittivity material is attaching to one side of low permittivity material. The broadband ceramic dielectric antenna can be designed by using our proposed method, and it overcomes the disadvantage of narrow bandwidth problem. For the proposed ceramic dielectric antenna, a 10 dB return-loss bandwidth of 33.9% has been achieved. The measurement and numerical results(Finite Element Method) are performed and confirmed to a good agreement with each other. The proposed ceramic dielectric antenna is designed and implemented to extend enough the coverage of dual band (PCS+IMT-2000).

I. 서 론

유전체를 사용한 DR(Dielectric Resonator) 안테나는 다양한 모양과 급전방법을 사용하여 소형화와 광대역 특성을 가지기 위해 많은 연구가 진행되어 왔다^{[1~10][12][13][15]}. 또한, 유전체의 모양이 원통형이거나 반구형이 될 경우 mode degeneracy가 발생하므로 안테나 동작시 cross-pol의 수준을 증가시키는 단점을 갖고 있으나 직육면체인 경우 이러한 문제를 피할 수 있고 방사면이 평면이므로 가공이 용이

하여 특히 많은 연구와 제품이 생산되고 있다^{[7][11]}. 유전체 안테나가 넓은 대역폭과 높은 방사효율을 가지기 위해 비유전율(ϵ_r)이 낮은 재료를 사용할 경우에 대역특성은 개선되지만 안테나의 공진주파수(f_0)가 $f_0 \propto 1/\sqrt{\epsilon_r}$ 인 관계를 가지므로 방사 유전체의 부피가 증가하여 소형 안테나를 설계하는데 걸림돌이 되고 있는 실정이다. 이에 대한 연구로 최근에 다층구조를 사용하는 MSDRA(Multi-Segment Dielectric Resonator Antenna)가 진행되고 있다^{[9][13]}. 다층구조를 사용할 경우 20%의 대역폭을 가지는 것

한국정보통신대학원대학교 공학부(School of Engineering, ICU)

· 논문 번호 20000421-046

· 수정완료일자 : 2000년 6월 28일

으로 발표되고 있으나 실제로 일본의 무라타社에서 양산되고 있는 MSDRA제품의 경우는 소형이란 장점을 가지고 있는 반면 대역폭이 6~7% 밖에 되지 않아 광대역을 요하는 현재의 안테나 시장요구를 만족시키지 못하는 상황이다. 이밖에 기생 유전체를 사용하여 대역폭을 개선시키려는 노력이 있으나 부피가 커지는 점에서 상용화를 하기엔 어려움이 많을 것으로 본다^[9].

그중 두께가 얇고 높은 비유전율 값을 가지는 유전체를 저유전체의 뒷면에 접착시키는 영상법을 이용한 유전체 안테나가 연구되었다^{[9],[10]}. 이 경우, 부착하는 유전체의 비유전율이 높고 두께가 두꺼울수록 공진주파수는 낮아지나 대역폭이 좁아지는 단점이 있을 뿐만 아니라 저주파수 대역(L-Band)에서 사용하기 위하여 저유전체의 크기를 증가시킬 경우 유전체 손실이 늘어날 뿐만 아니라 동축케이블과 고유전체 간의 거리가 증가하면서 공진주파수와 대역폭 특성을 개선시키는데 한계가 발생한다. 따라서 본 논문에서는 이러한 문제점들을 보완하고 기존의 유전체 안테나를 개선한 모델을 제시하고 그 특성을 실험과 유한요소법을 사용한 수치해석으로 확인하였다^[14]. 적용한 유한요소법은 변요소 기저함수를 사용하였으며 행렬의 풀이방법은 Conjugate Gradient Squared algorithm를 적용하였다^[14].

본 논문에서 제시한 유전체 안테나는 비유전율이 높은 유전체를 방사 유전체에 부착시킬 경우에도 광대역 특성을 가질 뿐만 아니라 공진주파수가 낮아지면서 생기는 협대역 특성을 크게 개선하였다. 그리고, 본 논문에서 제시한 유전체 안테나 모델을 사용하여 현재 사용하고 있는 PCS 주파수 대역부터 곧 서비스를 개시할 IMT-2000 주파수 대역까지 동작이 가능한 세라믹 유전체 안테나를 설계, 제작하여 25%의 대역폭과 방사이득이 0.44 dBi인 안테나 특성을 얻을 수 있었다.

II. 본 론

2-1 해석모델과 공진주파수 계산

위의 그림 1은 직육면체 세라믹 유전체의 한 예를 보여주고 있다. 유전체에서 생기는 모드는 TE_{lm}^x , TE_{lm}^y , TE_{lm}^z 가 저차모드가 되는데 TE_{lm}^x 에 대

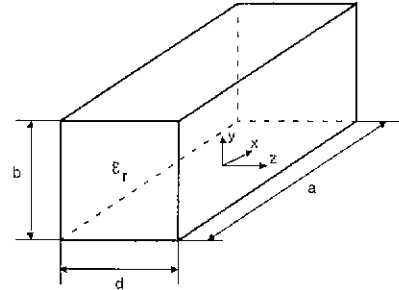


그림 1. 직육면체 세라믹 유전체^[7]

Fig. 1. A rectangular ceramic dielectric material.

한 경우만 생각하면 Z방향으로 magnetic potential (ϕ_m)을 고려할 수 있고 유전체 내에 존재하는 전자기의 각 성분은 다음과 같이 표현할 수 있다^{[7],[8]}.

$$H_z = \frac{k_x^2 + k_y^2}{j\omega\mu_0} A \cos(k_x x) \cos(k_y y) \cos(k_z z) \quad (1)$$

$$H_x = \frac{k_x k_z}{j\omega\mu_0} A \sin(k_x x) \cos(k_y y) \sin(k_z z) \quad (2)$$

$$H_y = \frac{k_y k_z}{j\omega\mu_0} A \cos(k_x x) \sin(k_y y) \sin(k_z z) \quad (3)$$

$$E_x = A k_y \cos(k_x x) \sin(k_y y) \cos(k_z z) \quad (4)$$

$$E_y = -A k_x \sin(k_x x) \cos(k_y y) \cos(k_z z) \quad (5)$$

$$E_z = 0 \quad (6)$$

A는 임의의 상수이고 k_x, k_y, k_z 는 x, y, z방향에 대한 각각의 파수(wave number)를 나타낸다. 위의 유전체에서 $|x| = a/2, |y| = b/2$ 인 면들이 perfect magnetic wall이라 가정하여 경계조건(boundary condition)을 적용하면 k_x, k_y 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$k_x = \pi/a \quad (7)$$

$$k_y = \pi/b \quad (8)$$

또한 자유공간에서의 파수를 k_0 라 하면 유전체 내의 파수($k_{dielectric}$)는 다음과 같은 관계에 있다.

$$k_{dielectric}^2 = \epsilon_r k_0^2 = k_x^2 + k_y^2 + k_z^2 \quad (9)$$

마지막으로 유전체 도파관 모델^{[7],[11]}을 사용하여 k_z 에 대한 수식을 표시하면 아래와 같다.

$$k_z \tan(k_z d/2) = \sqrt{(\epsilon_r - 1)k_0^2 - k_x^2} \quad (10)$$

따라서 유전체의 크기와 비유전율을 알고 있을 경우 위의 식들을 사용하여 유전체의 공진주파수를 쉽게 계산할 수 있다. 또한, 그림 2와 같이 접지면 상에 유전체가 존재하는 경우에는 높이가 $b/2$ 라도 영상법을 적용하여 그림 1과 같이 높이가 b 인 유전체 안테나 모델로 등가 할 수 있다^[1].

그러나, 위의 식에서는 유전체의 면을 perfect magnetic conductor로 가정하였으므로 유전체의 비유전율 값에 따라 실험치와 계산치간의 오차를 많이 발생하고 있어^[1] 정확한 공진주파수를 얻기 위해선 imperfect magnetic wall에 맞는 경계조건을 적용하여 전자계 성분들을 계산하거나 수치해석법을 사용할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 유한요소 해석 프로그램을 사용하여 해석 대상이 되는 유전체 안테나의 공진주파수를 구할 수 있었으며^[4] 그림 3과 표 1에서 그림 2에 도시한 유전체 안테나의 공진주파수를 해석한 결과를 비교, 검증하고 있다.

표 1은 그림 2에 나타난 모델에 대한 공진주파수의 실험치와 계산치를 보여주고 있으며 VSWR(Voltage Standing Wave Ratio) < 1.5 인 범위의 대역폭은 각각 753 MHz(14.2 %), 900 MHz(17.4 %)가 되

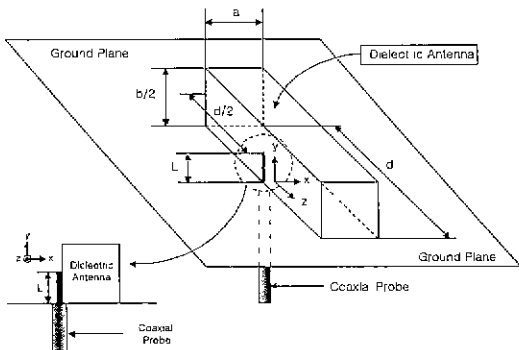


그림 2. 직육면체 세라믹 유전체 안테나
Fig. 2. A rectangular ceramic dielectric antenna.

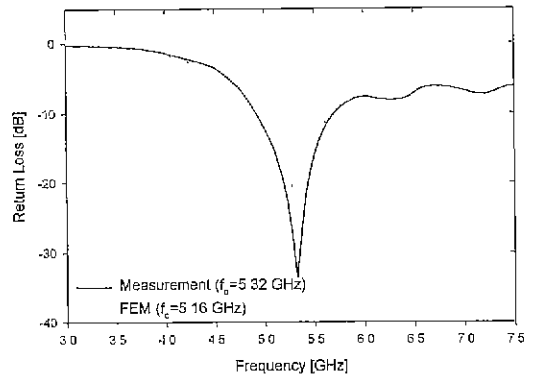


그림 3. 직육면체 세라믹 유전체 안테나의 반사손실
Fig. 3. Return loss of a rectangular ceramic dielectric antenna.

어 광대역 특성을 갖는다. 또한 본 논문의 해석치와 실험치가 약 3.1%의 오차를 보이고 있는 반면, 본 논문의 식 (7)에서 식 (10)까지의 계산을 통하여 구한 공진주파수는 앞서 언급한 바와 같이 실험치와 4.3%정도 오차를 보이고 있을 뿐만 아니라 본 논문에서 해석하고자 하는 세라믹 유전체 안테나의 경우 다중구조이므로 앞서 제시한 식들을 사용하여 공진주파수를 얻는 것은 비효율적일 뿐만 아니라 부정확하다.

2-2 기존의 고유전체를 부착한 세라믹 유전체 안테나에 대한 특성과 해석

위의 그림 2에 나타난 세라믹 유전체 안테나는 광대역 특성을 가지나 공진주파수를 낮출 경우 유전체의 부피를 늘려야 하는 치명적인 단점을 안고 있다. 이러한 문제를 해결하고자 M. Cooper는 고유전율을 가진 유전체를 동축케이블의 내심이 방사유전체와 접하는 면의 반대편에 부착하여 광대역 특

표 1. 직육면체 세라믹 유전체 안테나에 대한 공진주파수의 실험치와 계산치($L = 6.85$ mm)

Table 1. Experimental and theoretical resonant frequency of the rectangular ceramic dielectric antenna.

($L = 6.85$ mm)

ϵ_r	a [mm]	$b/2$ [mm]	d [mm]	f_0 [GHz] (Measured)	f_0 [GHz] (FEM)	Error[%] (FEM)	f_0 [GHz] (Mongia ^[1])	Error[%] (Mongia ^[1])
9.3	10.5	10.5	20	5.32	5.16	3.1	5.56	4.3

성을 가지면서 부착하는 유전체의 두께와 비유전율을 조정하여 효과적으로 공진주파수를 낮출 수 있는 새로운 안테나 구조를 제안하였다^[10].

M. Cooper가 제안한 안테나는 일종의 electric short wall을 이용한 것으로 영상법(image theory)을 적용하면 유전체가 접지면 상에 존재할 경우 부피가 2배정도 증가하는 효과만을 얻을 수 있지만 방사 유전체의 한 면에 비유전율이 높은 유전체를 부착하면 길이방향으로도 유전체의 길이가 2배 늘어나는 것과 같으므로 이상적인 상태에서 유전체 안테나의 부피가 4배로 증가하는 효과를 얻을 수 있어 공진주파수를 낮출 수 있다^[10].

다음 그림 4는 고유전체를 부착한 유전체 안테나의 해석모델을 나타내고 있다. 본 논문에서는 부착하는 고유전체의 비유전율을 ϵ_r^{wall} 로 표시하였고 $\epsilon_r^{wall} = 21, 38$ 인 두 가지 유전체를 각각 $CaTiO_3 + MgTiO_3$, $BaTi_9O_{19}$ 를 사용하여 제작하였다.

표 2와 그림 5는 $\epsilon_r = 9.3$ 인 알루미늄 유전체의

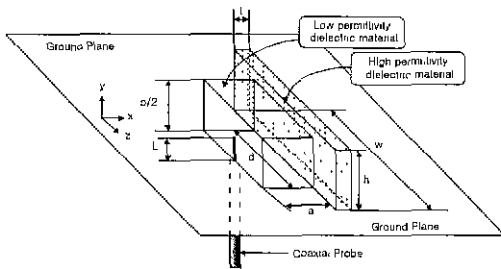


그림 4. 고유전체가 부착된 직육면체 세라믹 유전체 안테나(M. Cooper 모델)

Fig. 4. A rectangular ceramic dielectric antenna attaching high permittivity material (M. Cooper's Model).

표 2. 고유전체의 비유전율에 따른 공진주파수와 반사손실, 대역폭의 변화($a=10.5$, $b/2=10.5$, $d=20$, $L=6.85$ mm)
Table 2. Experimental resonant frequencies, return losses and bandwidths of ceramic dielectric antennas according to the relative permittivity of high permittivity material.($a=10.5$, $b/2=10.5$, $d=20$, $L=6.85$ mm)

ϵ_r	ϵ_{wall}	t [mm]	f_o [GHz] (FEM)	f_o [GHz] (measurement)	Δf_o [MHz] (measurement)	Δf_o [%] (measurement)	Bandwidth (VSWR < 2)[%] (measurement)
9.3	1.0	-	5.16	5.32	0	0	14.2
9.3	21	0.7	4.70	4.87	-450	- 8.45	13.8
9.3	38	0.7	4.48	4.51	-810	-15.2	10.9

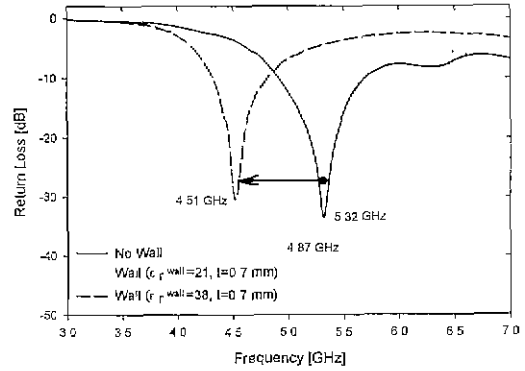


그림 5. 고유전체의 비유전율에 따른 공진주파수와 반사손실, 대역폭의 변화(실험치)

Fig. 5. Variations of resonant frequencies, return losses and bandwidths according to the relative permittivity of high permittivity material (measured result).

한 면에 두께(t)가 0.7 mm, $w=22.6$ mm, $h=15.5$ mm 이고 $\epsilon_r^{wall} = 21$ 과 $\epsilon_r^{wall} = 38$ 인 유전체를 부착하였을 경우 공진주파수와 반사손실 그리고 대역폭의 변화에 대한 실험결과와 해석치를 보여주고 있다. 비유전율이 21에서 38로 증가할수록 공진주파수가 450 MHz, 810 MHz로 각각 내려가게 되며 대역폭은 14.2%에서 10.9%로 감소하였다. 부착하는 고유전체가 perfect electric wall에 가깝다고 가정할 경우 유전체의 높이와 길이가 2배로 늘어나므로 이때의 공진주파수를 간단히 계산하여 보면 3.7 GHz 정도가 되지만 대역폭이 매우 협소할 것으로 짐작할 수 있다.

다음으로 표 3은 고유전체의 두께를 변화시킬 경우 공진주파수와 반사손실 그리고 대역폭의 변화를

표 3. 고유전체의 두께에 따른 세라믹 유전체 안테나의 공진주파수, 반사손실, 대역폭의 변화 ($a=10.5$, $b/2=10.5$, $d=20$, $L=6.85$ mm)

Table 3. Experimental resonant frequencies, return losses and bandwidths of ceramic dielectric antennas according to the thickness of high permittivity material. ($a=10.5$, $b/2=10.5$, $d=20$, $L=6.85$ mm)

ϵ_r	ϵ_r^{wall}	t [mm]	f_o [GHz] (FEM)	f_o [GHz] (measurement)	Δf_o [MHz] (measurement)	Δf_o [%] (measurement)	Bandwidth (VSWR < 2) [%] (measurement)
9.3	1.0	—	5.16	5.32	0	0	14.2
9.3	21	0.7	4.76	4.87	- 450	- 8.45	13.8
9.3	21	1.4	4.43	4.55	- 770	-14.4	13.5
9.3	21	2.8	4.08	4.10	-1220	-22.9	7.83

나타내고 있는데 두께가 증가할수록 공진주파수는 낮아지나 wall의 두께(t)가 1.4 mm 이상이 되면서 대역폭이 현저히 감소됨을 알 수 있다.

2-3 본 논문에서 제안한 세라믹 유전체 안테나 특성과 해석

앞서 M. Cooper가 제안한 안테나는 부착하는 유전체의 비유전율이 높을수록 협대역 경향이 클 뿐만 아니라 낮은 주파수에서 동작하기 위하여 유전체의 크기를 증가시킬 경우 동축케이블의 내심과 고유전체 간의 거리가 증가하여 공진주파수를 낮추는 효과가 감소하고 유전체 손실이 증가하여 방사효율을 줄이는 문제점이 발생한다. 그러나, 그림 6과 같이 저유전체와 고유전체간의 위치를 바꿀 경우에 급전 부분과 고유전체간의 강한 coupling이 발생하고 뒷면에 부착한 저유전체에서 급전부 쪽으로 위치하고

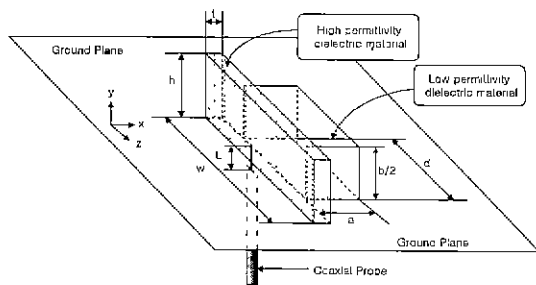


그림 6. 본 논문에서 제안한 직육면체 세라믹 유전체 안테나

Fig. 6. Our proposed rectangular ceramic dielectric antenna.

있는 고유전체가 M. Cooper가 제안한 안테나 모델에서 제시한 electric short wall의 역할을 하므로 기존모델보다 대역폭을 증가시킬 수 있다. 이것은 급전부 근처의 강한 coupling과 적층형 유전체를 이용하여 대역폭을 확장시키는 일종의 MSDRA(Multi-Segment DRA)가 가지는 광대역 특성이라 할 수 있다^[9].

따라서, 그림 6에서 제안한 안테나의 특성은 그림 7에 표시한 실험결과에서 알 수 있듯이 공진주파수의 이동 정도는 작으나 대역폭이 감소하는 현상을 현저히 줄일 수 있을 뿐만 아니라 경우에 따라 기존의 세라믹 유전체 안테나가 가지는 대역폭을 오히려 증가시킬 수 있는 장점을 가진다.

그림 7과 표 4는 본 논문에서 제안한 세라믹 유

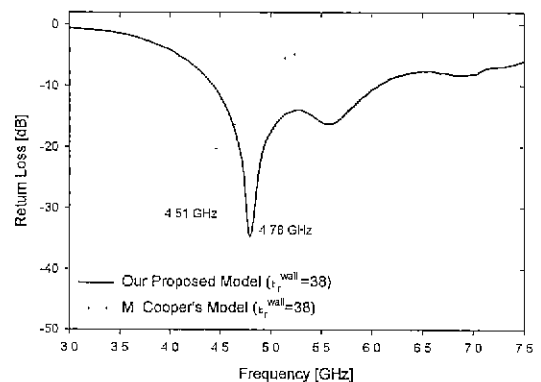


그림 7. 본 논문에서 제안한 안테나 모델과 M. Cooper의 모델에 대한 공진주파수와 반사손실 비교(실험치)

Fig. 7. Comparison of resonant frequencies and return losses between our proposed model and M. Cooper's(measured result).

표 4. 본 논문에서 제안한 안테나 모델과 M. Cooper의 모델에 대한 공진주파수, 반사손실, 대역폭 비교($a=10.5$, $b/2=10.5$, $d=20$, $L=6.85$ mm)

Table 4. Comparison of resonant frequencies and return losses between our proposed model and M. Cooper's. ($a=10.5$, $b/2=10.5$, $d=20$, $L=6.85$ mm)

ϵ_r	ϵ_r^{wall}	f_o [GHz] (FEM)	f_o [GHz] (measurement)	Δf_o [MHz] (measurement)	Δf_o [%] (measurement)	Bandwidth (VSWR<2)[%] (measurement)	
9.3	1.0	5.16	5.32	0	0	14.2	
9.3	21	4.76	4.96	-360	-6.79	19.0	Our Model
9.3	21	4.70	4.87	-450	-8.45	13.8	M. Cooper
9.3	38	4.50	4.78	-540	-10.1	33.9	Our Model
9.3	38	4.48	4.51	-810	-15.2	10.9	M. Cooper

전체 안테나와 M. Cooper 안테나 모델의 특성을 비교하고 있다. $\epsilon_r=9.3$ 인 알루미늄 유전체의 한 면에 두께(t)가 0.7 mm, $w=22.6$ mm, $h=15.5$ mm이고 $\epsilon_r^{wall}=21$, $\epsilon_r^{wall}=38$ 인 유전체를 부착하였을 경우 위의 두 모델에 대한 특성을 비교한 실험결과 및 해석치는 다음과 같다.

공진주파수는 두 모델간에 약 90~270 MHz 차이를 보이고 있지만 대역폭은 약 3배 차이를 보이고 있으며 방사유전체가 단독으로 존재할 때보다 5~20% 정도 대역폭이 오히려 증가함을 알 수 있다. 특히 본 논문에서 제안한 안테나의 특성을 살펴보면 부착되는 유전체의 비유전율이 21일 때보다 38

인 경우 대역폭이 증가됨을 확인할 수 있었다. 또한 VSWR<1.5를 만족하는 대역폭도 $\epsilon_r^{wall}=21$ 인 경우 10.8%, $\epsilon_r^{wall}=38$ 인 경우는 23.5%가 되어 비유전율이 증가하면서 대역폭이 오히려 12.6% 증가함을 보였다. 이는 M. Cooper가 제안한 유전체 안테나 모델에서 부착하는 유전체의 비유전율이 증가하면서 가지는 협대역특성을 크게 개선한 점이라 볼 수 있다.

다음으로 본 논문에서 제안한 세라믹 유전체 안테나에 대하여 wall로 사용되는 유전체의 두께를 변화시킬 경우 공진주파수와 반사손실, 대역폭의 변화를 살펴보면 표 5에 나타내었다. 그리고, 그림 8과 그림 9는 M. Cooper's 모델과 본 논문에서 제안한

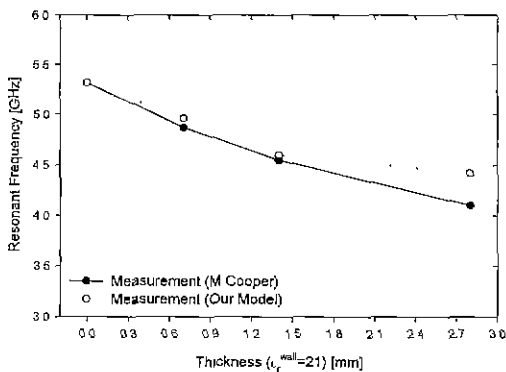


그림 8. 고유전체의 두께에 따른 공진주파수의 변화 비교

Fig. 8. Comparison of resonant frequency's variations according to the thickness of wall.

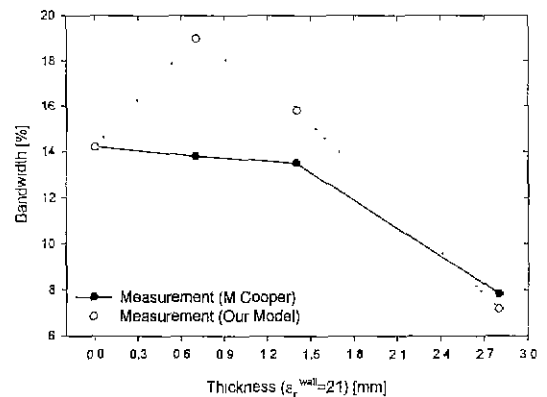


그림 9. 고유전체의 두께에 따른 대역폭의 변화 비교
Fig. 9. Comparison of bandwidth's variations according to the thickness of wall.

표 5. 본 논문에서 제안한 안테나 모델의 wall 두께에 따른 세라믹 유전체 안테나의 공진주파수, 반사손실, 대역폭 ($a=10.5, b/2=10.5, d=20, L=6.85$ mm)

Table 5. Experimental resonant frequencies, return losses, bandwidths of our proposed antenna model according to the thickness of wall in our proposed antenna model.

($a=10.5, b/2=10.5, d=20, L=6.85$ mm)

ϵ_r	ϵ_r^{wall}	t [mm]	f_o [GHz] (FEM)	f_o [GHz] (measurement)	Δf_o [MHz] (measurement)	Δf_o [%] (measurement)	Bandwidth (VSWR<2)[%] (measurement)
9.3	1.0	—	5.16	5.32	0	0	14.2
9.3	21	0.7	4.76	4.96	-360	- 6.76	19.0
9.3	21	1.4	4.47	4.60	-720	-13.5	15.8
9.3	21	2.8	4.10	4.42	-900	-16.9	7.18

안테나 모델간의 공진주파수와 대역폭을 비교하고 있다.

표 5에서 알 수 있듯이 대역폭이 14.2%에서 19.0%로 증가 후, 고유전체의 두께가 증가하면서 대역폭이 감소하는 현상을 보이고 있다. 그러나 그림 9에서와 같이 본 논문에서 제안한 세라믹 유전체 안테나의 대역폭이 기존의 모델이나 고유전체를 부착하지 않을 경우와 비교해 볼 때 광대역 특성을 가지는 사실을 주지할 수 있다.

공진주파수의 경우는 본 논문에서 제안한 안테나 모델이 조금 높은 편이나 대역폭의 경우 최대 5.2%라는 큰 차이를 보이고 있으므로 두 모델간의 공진주파수 차이를 감안하더라도 대역폭을 개선하였다고 볼 수 있으며 오히려 광대역 특성을 가지는 소형 유전체 안테나를 설계하는데는 본 논문에서 제안한 안테나 모델을 사용하는 것이 바람직하다.

2.4 제안한 세라믹 유전체 안테나를 사용한 PCS 및 IMT-2000 서비스용 안테나 설계

본 절에서는 본 논문에서 제안한 세라믹 유전체 안테나 모델을 사용하여 현재 상용화된 PCS 주파수 대역부터 향후 서비스가 개시될 IMT-2000 대역까지 동작이 가능한 광대역 세라믹 유전체 안테나를 소개하기로 한다.

그림 10, 11, 12는 세라믹 유전체를 이용한 광대역 안테나를 나타내고 있다. 고유전체의 비유전율은 38, 저유전체는 알루미늄이며 비유전율은 9.3을 가진다. 동축케이블을 사용하여 세라믹 유전체 안테나

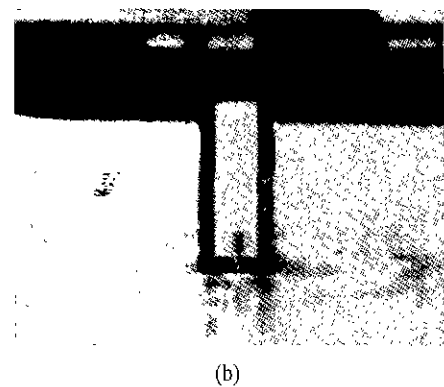
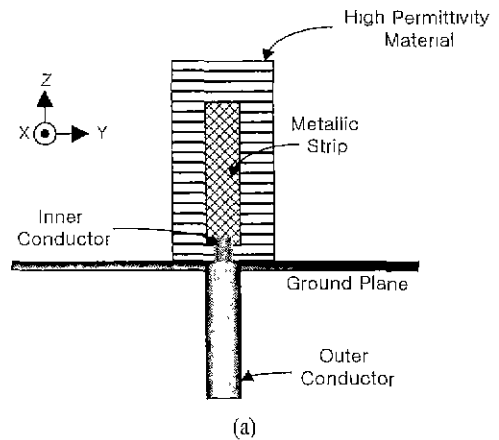
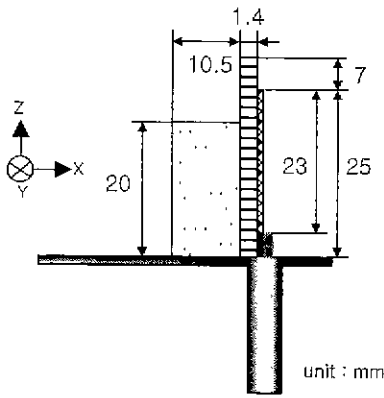


그림 10. 광대역 세라믹 유전체 안테나(YZ-plane)
Fig. 10. The broadband ceramic dielectric antenna (YZ-plane).

를 급전하였으며 동축케이블의 내심과 고유전체간의 접합면에서 발생하는 기생 리액턴스가 공진특성



(a)



(b)

그림 11. 광대역 세라믹 유전체 안테나(XZ-plane)

Fig. 11. The broadband ceramic dielectric antenna(XZ- plane).

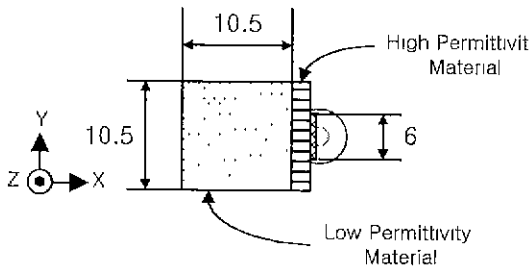


그림 12. 광대역 세라믹 유전체 안테나(XY-plane)

Fig. 12. The broadband ceramic dielectric antenna (XY- plane).

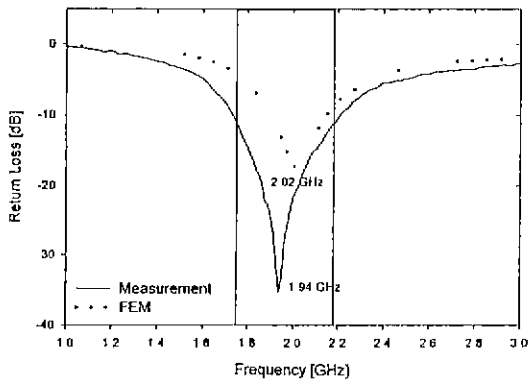


그림 13. 광대역 세라믹 유전체 안테나의 반사손실

Fig. 13. The return loss of the broadband ceramic dielectric antenna.

에 주는 영향을 줄이기 위하여 접합면 상에 feeding metal을 도포하여 방사패치로 사용하였다.

위의 그림 13은 본 논문에서 제안한 세라믹 유전체 안테나에 대한 공진특성을 보여 주고 있다. 실험치와 해석치의 공진주파수는 3.9% 정도 오차가 있으나 수렴도는 양호한 편이다. PCS 및 IMT-2000 주파수 대역이 1.75 GHz~2.17 GHz 임을 감안할 때 본 논문에서 제안한 안테나의 경우 대역폭이 $VS-WR < 2$ 인 조건에서 1.73 GHz~2.22GHz (bandwidth: 25%) 로서 광대역 특성을 가지며 현재까지 발표된 세라믹 유전체 안테나들이 3.2~6%의 대역폭을 가지는 것과 비교해 볼 때 대역특성이 매우 좋은 것으로 확인되었다^{[13][15]}. 그림 14는 본 논문에서 제안한 세라믹 유전체 안테나에 대한 방사이득의 실험치와 계산치를 표시하고 있다. YZ-plane 상의 방사패턴 해석은 실제 접지면이 20 cm × 20 cm 로 공진주파수를 고려하면 충분히 크므로 해석의 편의상 -90° ~90° 구간에서만 적용하였다. 본 안테나의 방사패턴은 모노폴 안테나의 것과 유사하며 최대 방사이득은 0.44 dBi 로 측정되었으며 현재 상용화되고 있는 단말기용 유전체 안테나가 -2~1 dBi 정도임을 고려해 볼 때 양호한 특성을 가지고 있다.

이상으로 본 논문에서 제안된 광대역 세라믹 유전체 안테나의 특성을 살펴보았다. 제안된 안테나의 크기는 그림 10과 그림 11에 표시한 바와 같이 안테나의 X방향으로 크기가 12 mm, Y방향으로 10.5

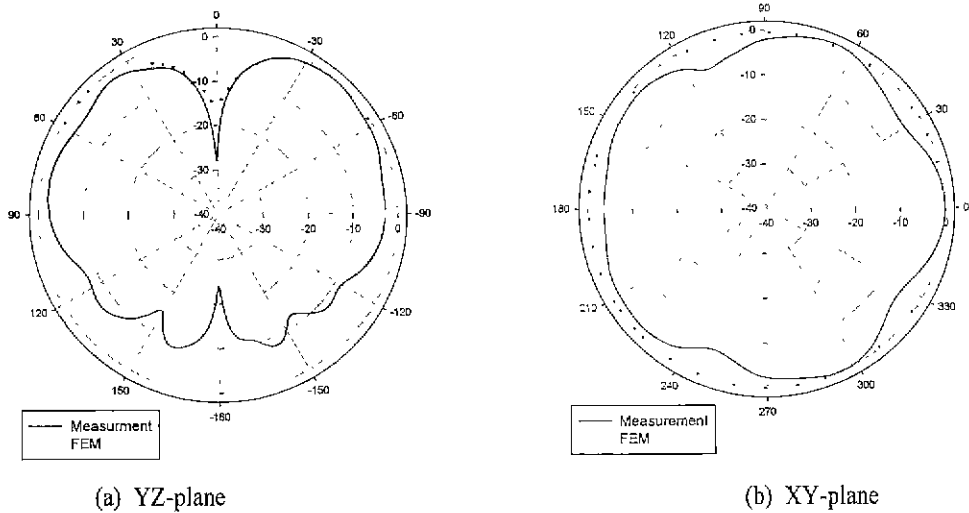


그림 14. 광대역 세라믹 유전체 안테나의 방사패턴

Fig. 14. The radiation patterns of the broadband ceramic dielectric antenna.

mm, Z방향으로 32 mm 정도로 실제 단말기에 부착하기에는 큰 부피를 가지고 있으나 부착하는 고유전체의 비유전율을 증가시켜 두께를 적절히 조절할 경우 공진주파수가 낮아지는 효과를 얻을 수 있을 뿐만 아니라 좀더 다양한 고유전체를 다층으로 부착시킬 경우 대역폭의 증가하므로 본 논문에서 제안한 세라믹 유전체 안테나를 충분히 소형화가 가능할 것으로 본다.

III. 결 론

본 논문에서는 저유전체의 한 면에 고유전체를 부착하는 기존의 세라믹 유전체 안테나 모델을 개선한 모델을 제시하였고 안테나의 특성은 실험과 유한요소법을 사용하여 확인하였다. 그 결과, 기존의 모델에서 문제시되었던 공진주파수의 강하에 따른 대역폭의 감소현상을 현저히 줄일 수 있었을 뿐만 아니라 비유전율이 9.3인 알루미늄 유전체가 단독으로 존재할 경우 $VSWR < 2$ 인 범위에서 14.2%인 대역폭을 최대 33.9%까지 증가시킬 수 있었다.

그리고 본 논문에서 제시한 세라믹 유전체 안테나 모델을 사용하여 현재의 PCS 사용주파수부터 곧 상용화 예정인 IMT-2000의 주파수 대역까지 동작이 가능한 광대역 세라믹 안테나를 제작하고 방사

손실과 방사패턴을 실험과 해석을 통하여 확인하여 보았다. 그 결과, 대역폭은 25% ($VSWR < 2$), 최대 방사이득은 0.44dBi를 가졌으며 omni-direction 한 방사패턴을 얻을 수 있었다.

따라서, 본 논문의 세라믹 유전체 안테나 모델에서 사용하는 고유전체의 비유전율을 증가시키거나 다양한 종류와 두께를 가지는 유전체를 적절히 배열하는 경우 공진주파수를 효율적으로 낮출수 있으므로 제안한 유전체 안테나 모델의 크기를 줄이는 방법이 될수 있다. 따라서 본 논문에서 제시한 유전체 안테나의 특성과 구조를 응용할 경우 단말기용으로 뿐만 아니라 광대역 안테나를 요구하는 현재의 안테나 시장에서 경쟁력 있는 제품을 생산하는데 큰 기여를 할 것으로 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 dielectric substrate", *IEEE Trans. on Antennas and Propagation*, AP-41, pp. 812-821, June., 1993.
- [2] M. W. McAllister, S. A. Long, and G. L. Conway, "Rectangular Dielectric Resonator

Antenna”, *Electronics Letters*. vol. 19, no. 6, Mar., 1983

[3] G. P. Junker, A. A. Kishk A. W. Glisson, and D. Kaifez, “Effect of an air gap around the coaxial probe exciting a cylindrical dielectric resonator antenna”, *Electronics Letters*, vol. 30, no. 3, pp. 177-178, Feb., 1994.

[4] G. P. Junker, A. A. Kishk A. W. Glisson, and D. Kaifez, “Effect of Fabrication Imperfections for Ground Plane-Backed Dielectric Resonator Antennas”, *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, vol. 37, no. 1, pp. 40-45, Feb., 1995.

[5] Gregory P. Junker and Ahmed A. Kishk, “Input Impedance of Dielectric Resonator Antennas Excited by a Coaxial Probe”, *IEEE Trans. on Antennas and Propagation*, AP-42, pp. 960-966, July, 1994.

[6] Shiu-Ming Shum and Kwai-Man Luk, “FDTD Analysis of Probe-Fed Cylindrical Dielectric Resonator Antenna”, *IEEE Trans. on Antennas and Propagation*, AP-46, pp. 325-333, Mar., 1998.

[7] Rajesh Kumar Mongia, Apisak Ittipiboon, “Theoretical and Experimental Investigations on Rectangular Dielectric Resonator Antennas”, *IEEE Trans. on Antennas and Propagation*, AP-45, pp. 1348-1356, Sep., 1997

[8] 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.

[9] 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.

[10] 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.

[11] R. F. Harrington, *Time Harmonic Electromagnetic Fields*. New-York: McGraw-Hill, 1961.

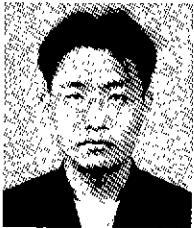
[12] R. K. Mongia, “Theoretical and experimental resonant frequencies of rectangular dielectric resonators”, *Proc. Inst. Elect. Eng.*, vol. 139, pp. 98-104, Feb., 1992.

[13] <http://www.ijjnet.or.jp/murata/index.html>

[14] 문정익, 김병남, 박성욱, “유한요소법을 사용한 직육면체 세라믹 유전체 안테나의 특성 해석”, 한국전자파학회 논문지, pp. 217-227, Feb., 2000.

[15] 이중환, 우중명, 김현학, 김경용, “PCS용 표면 실장형 칩 유전체 세라믹 안테나 설계”, 한국전자파학회 논문지, pp. 55-62, Jan., 2000.

문 정 익

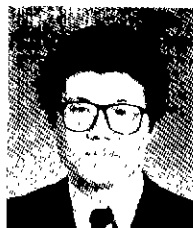


1996년 2월: 영남대학교 전기공학과(공학사)
 1998년 2월: 영남대학교 대학원 전기공학과(공학석사)
 1998년 3월~2000년 2월: 한국정보통신대학원대학교 공학부(공학석사)

2000년 3월~현재: 한국정보통신대학원대학교 공학부 재학중(박사과정)

[주 관심분야] 전자장 수치해석, 세라믹 유전체를 이용한 소형 고효율 안테나 설계 등.

박 성 욱



1987년 2월: 경북대학교 전자공학과(공학사)
 1989년 2월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학석사)
 1993년 8월: 한국통신인력개발본부
 1997년 3월: Arizona State University, Electrical Engineering(박사)

1997년 9월~현재: 한국정보통신대학원대학교 조교수

[주 관심분야] 광대역 적층형 안테나의 설계 및 분석, 전자파의 복사 및 산란, M/W mm-wave 대역용 고속 반도체 소자의 전자패키징, 전자장 수치 해석기법 등.