

IMT-2000용 단말기 내장형 유전체 세라믹 안테나 설계

Design of internal dielectric ceramic antennas for IMT-2000 handset

심성훈, 강종윤, 박용욱, 윤석진, 윤영중, 김현재
(S. H. Sim^{*)}, C. Y. Kang^{*}, Y. W. Park^{**}, S. J. Yoon^{*}, Y. J. Yoon^{***}, H. J. Kim^{*})

Abstract

In this paper, internal antennas for IMT-2000 handset(1.92~2.17 GHz) were designed to be capable of being mounted on the circuit-board with a CPW(coplanar waveguide) feeding structure. The chip antennas were miniaturized to a greater extent by fabricating multilayer high dielectric ceramic($\epsilon_r=7.8$) hexahedron. The proposed antennas has $\lambda/4$ monopole element with helical structure in the multilayer dielectric ceramic hexahedron. The simulated and measured results were investigated with width, length, and thickness of helical structure in the hexahedron.

Key Words : Internal antenna, Handset, Multilayer, Dielectric ceramic, CPW(coplanar waveguide)

1. 서론

전자 산업의 급격한 발전과 정보화 시대의 고속화로 이동 통신 기기의 사용이 급증하고 있으며, 이동 통신 수요 중에서도 특히 휴대용 단말기가 상업적인 수요와 대중적인 면에 있어서 비중이 크다고 할 수 있다. 휴대용 단말기는 휴대·이동이라는 특수성을 가지고 있기 때문에 단말기의 성능 향상 이외에도 소형화 및 경량화를 크게 요구하므로 가능한 한 모든 RF 부품을 소형화하기 위해 하나의 칩 형태로 제작되어야 한다. 특히, 시스템 마지막 단에서 신호를 송수신하는 안테나는 종래에 주로 사용되었던 휘프(whip) 안테나가 휴대 전화 케이스로부터 돌출되어

부러지기 쉽고, 불필요한 공간을 차지하므로, 내장 가능한 소형 안테나인 세라믹 칩 형태의 안테나가 활발히 연구되고 있다.[1-3]

전 세계적으로 셀룰라 및 PCS 이동 통신 가입자가 폭발적인 증가 추세에 있으며, 또한 차세대 무선 통신 시스템 IMT-2000 서비스 시장도 급격히 성장될 것으로 예상된다. 일반적으로 IMT-2000의 사용 주파수 대역폭은 250 MHz (1920~2170 MHz)이며, 단말기용 안테나가 그 요구를 충족시키기 위해서는 임피던스 대역폭이 12.2%(VSWR<2.0)이상인 광대역 특성을 가져야 한다.[4]

본 논문에서는 IMT-2000용 단말기에 응용하기 위해 기본적인 모노폴 안테나를 헬리컬 구조로 변형시켜 LTCC(Low Temperature Co-fired Ceramic) 공정에 의해 세라믹 칩형태로 안테나를 소형화하였다. 또한, 세라믹 칩 안테나를 제작함에 있어 응용 가능성을 살펴보기 위해 CPW(coplanar waveguide) 급전 구조의 회로기판 상에 표면 장착 가능한 칩 형태로 설계하였으며, 길이당 나선수(n)의 변화에 따라 안테나의 대역폭 특성을 고찰하였다.

* 한국과학기술연구원 박막기술연구센터

(서울특별시 성북구 하월곡동 39-1)

Fax : 02-958-6722

E-mail : sim74@kist.re.kr

** 남서울대학교 전자정보통신공학부

*** 연세대학교 전기전자공학과

2. 적층형 세라믹 칩 안테나 설계

2.1 헬리컬 구조의 적층형 세라믹 칩 안테나

적층형 세라믹 안테나는 그 크기가 소형이기 때문에 매우 작은 방사 저항과 그에 비해 높은 리액턴스 값을 가지며, 그로 인해 안테나의 특성 중에서도 효율, 임피던스 매칭, 그리고 주파수 대역폭 특성이 큰 제약을 받게 된다.[5] 안테나 구조 중에서 헬리컬 안테나는 그 구조가 나선 형태로 감겨져 있기 때문에, 전류가 흐를 수 있는 경로는 나선이 펼쳐진 길이에 해당하므로 그 외형상의 길이에 비하여 수십배 이상 길어질 수 있다. 따라서, 헬리컬 안테나는 그 특성상 양호한 방사저항을 나타내므로, 세라믹 칩 안테나를 헬리컬 구조로 설계함으로써 효율, 임피던스 매칭, 그리고 대역폭 특성을 향상시켜, IMT-2000 단말기용 안테나에 적합한 특성을 갖는 안테나를 구현할 수 있다. 그림 1은 본 논문에서 제안된 나선형 코일을 직육면체(W×L×T)의 유전체 세라믹 내부에 구현한 헬리컬 구조의 적층형 세라믹 칩 안테나의 구조도이다. 나선형 코일은 밀면에 평행하게 후막 인쇄된 수평 스트립 선과 밀면에 수직으로 형성된 비아 홀에 의해 형성된 수직 스트립 선으로 이루어져 있다. 또한, 헬리컬 도체의 한 쪽 끝단은 회로기판 상에 표면 장착 가능하도록 세라믹 칩 본체의 표면으로 돌출되어 있고, 이렇게 돌출된 끝단에 헬리컬 도체로 신호를 인가하기 위한 신호 공급용 단자가 형성된다.

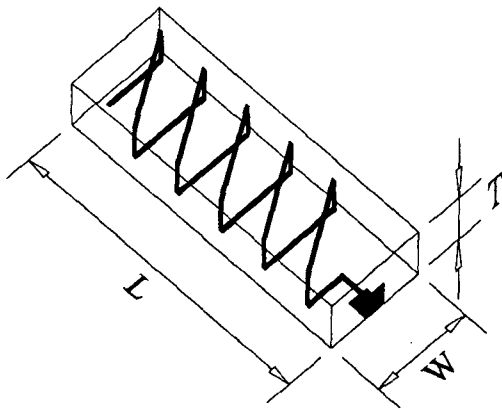


그림 1. 헬리컬 구조의 적층형 세라믹 칩 안테나

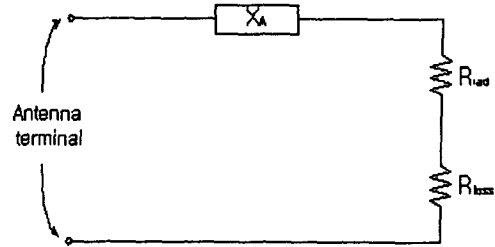


그림 2. 안테나의 일반적인 등가 회로

2.2 입력 임피던스와 대역폭

그림 2는 안테나의 등가 회로를 나타낸 것이며, 안테나의 입력 임피던스 Z_A 는 식 (1)과 같이 입력 저항 R_A 와 입력 리액턴스 X_A 로 구성되어 진다. 또한, 입력 저항 R_A 는 전력 소모를 의미하며, 이것은 두 가지 원인으로 발생한다. 하나는 안테나의 방사에 의해 표현되어지는 방사 저항 R_{rad} 이고, 또 다른 하나는 안테나 구조상에서 열과 관계된 손실 저항 R_{loss} 이다.

$$Z_A = R_A + j X_A \quad (1)$$

$$R_A = R_{rad} + R_{loss} \quad (2)$$

$$Q = 2\pi f \frac{\text{peak energy stored}}{\text{average power radiated}} = \frac{X_A}{R_A} \quad (3)$$

$$Q = \frac{f_r}{\Delta f} \quad (4)$$

Z_A : 입력 임피던스	Q : 품질계수
R_A : 입력 저항	f_r : 공진주파수
X_A : 입력 리액턴스	Δf : 주파수대역폭

2.1절에서 언급한 것처럼 세라믹 칩 안테나는 기본적으로 입력 저항 R_A 에 비해 높은 리액턴스 X_A 을 가지기 때문에 식 (2)에서처럼 높은 Q 값을 가지게 된다. 따라서, 안테나의 Q 와 대역폭은 식(3)과 같이 반비례 관계에 있으므로 협대역폭 특성을 나타내게 되는데, 이러한 소형 세라믹 칩 안테나의 협대역 특성을 향상시키기 위해서는 안테나의 리액턴스 값을 감소시키거나 입력 저항, 특히 방사 저항을 증가시켜야 한다. 따라서, 본 논문에서는 대역폭 향상을 위해서 적층형 세라믹 칩 안테나의 구조가 그 특성상

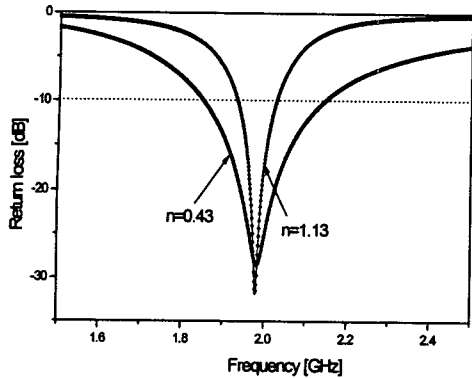


그림 3. 단위 길이당 나선수(n)에 따른 시뮬레이션 결과

양호한 방사저항을 가지는 헬리컬 형태로 설계되었다. 헬리컬 안테나의 방사저항은 안테나의 길이가 한 파장 정도까지 증가하는 동안 증가된 길이의 제곱에 비례하여 커지는 특성이 있지만, 안테나의 길이가 그 한계 이상으로 증가되면 오히려 감소되기 때문에 헬리컬 안테나의 나선의 회전수, 회전 반경 등은 무한히 증가시킬 수는 없고 적절히 조절되어야 한다.

또한, 헬리컬 안테나의 주요 리액턴스 요소인 인덕턴스 값을 감소시킴으로써 대역폭 특성을 향상시킬 수 있다. 그림 1에서 헬리컬 도체의 폭(W), 높이(T), 그리고 단위길이당 나선수 n을 감소시키면 헬리컬 도체의 인덕턴스 값이 감소한다.[6]

3. 결과 및 고찰

3.1 구조 시뮬레이션

본 연구에서는 HFSS(Agilent)를 이용하여 제안된 적층형 세라믹 칩 안테나의 3D 구조 설계를 하였다. 헬리컬 도체의 폭(W), 두께, 도선폭을 각각 2 mm, 0.4 mm, 0.3 mm로 고정시키고, 단위길이당 나선수 n을 변화시켜 그 대역폭 특성을 고찰하였다. 표 1은 적층형 세라믹 칩 안테나의 설계 파라미터를 나타낸 것이다.

그림 3은 단위 길이(mm)당 나선수 n에 따른 시뮬레이션 결과를 나타낸 것이다. 직육면체의 유전체 세라믹의 길이 L이 증가하게 되면 동일한 헬리컬 도체의 길이에 대해 단위 길이당 나선수 n이 감소하므로, 안테나의 인덕턴스 값이 감소하게 된다. 그 결과 단위 길이당 나선수 n이 1.13에서 0.43으로 증가하게

표 1. 적층형 세라믹 칩 안테나의 설계 파라미터

유전 특성	$\epsilon_r=7.8, \tan \delta = 0.0043$ (Dupont 951 AT)	
전극	Ag	
도선폭	0.3 mm	
세라믹 유전체	폭(W)	2 mm
	두께(T)	0.4 mm
	상하층 피복	각 0.1 mm

되면, 대역폭(VSWR<2.0) 특성은 중심 주파수 2GHz대에서 4.7%에서 14.6%로 증가하는 시뮬레이션 결과를 얻을 수 있었고, 이것은 IMT-2000 단말기용 안테나가 요구하는 12.2%의 임피던스 대역폭을 만족하였다.

3.2 측정 및 결과

적층형 세라믹 칩 안테나는 유전율 7.8인 Dupont사의 951 AT 그린 시트를 사용하였고, MLC 공정에 의해 제작되었다. 그림 4는 세라믹 칩 안테나의 실제 응용 가능성을 고찰하기 위해서 칩 형태로 제작되어진 안테나를 CPW 급전 구조의 회로기판 상에 표면 장착한 구조도이다. CPW 회로기판은 FR4($\epsilon_r=4.6$)가 사용되었고, 제작되어진 세라믹 칩 안테나는 network analyzer(HP 8720C)에 의해 측정되어졌다.

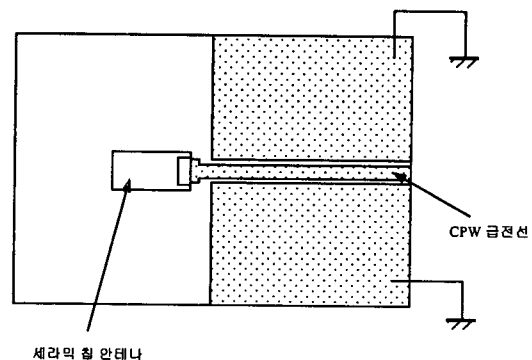


그림 4. CPW 급전 구조를 가진 세라믹 칩 안테나

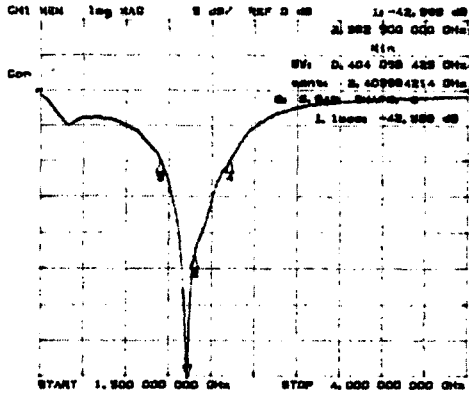


그림 5. 제작된 적층형 세라믹 칩 안테나의 측정 결과 (n=0.43)

그림 5는 L=14 mm로 제작된 안테나의 측정결과이며, 중심 주파수 2.404 GHz에서 16.8% 대역폭을 나타내었다. 안테나의 측정치는 설계치보다 다소 고주파 특성을 나타내었지만, 대역폭 특성은 설계상에서처럼 광대역 특성을 보였다. 설계치와 측정치의 차이는 시뮬레이션에서 정확히 고려치 못한 유전체와 전극의 손실 성분 에 의한 것으로 생각되어진다.

4. 결 론

헬리컬 구조의 적층형 세라믹 칩 안테나는 낮은 방사 저항과 높은 리액턴스로 인해 협대역폭을 가진다. 이 같은 협대역 특성을 향상시키기 위해서 직육면체 유전체 세라믹 내부에 헬리컬 도체를 구현함으로써 소형의 세라믹 칩 안테나의 단점인 낮은 방사 저항이 증가되었다. 또한, 헬리컬 도체의 폭(W)과 두께(T)는 고정하고 단위 길이당 나선수 n을 감소시켜 안테나의 리액턴스 값이 감소되도록 설계되어졌다. 제작되어진 안테나는 16.8% 대역폭을 얻었고, 그 중심 주파수가 IMT-2000 단말기용 안테나가 요구하는 사양에 다소 어긋났지만, 임피던스 대역폭은 만족시킬 수 있었다. 이는 차후 더 많은 설계와 제작에 의해 보완·수정될 수 있을 것이다.

참고 문헌

- [1] Y. Dakeya, T. Suesada, K. Asakura, N. Nakajima, H. Mandai, "Chip Multilayer Antenna for 2.45GHz-Band Application Using LTCC Technology," *IEEE MTT-s Digest*, pp. 1693-1696, 2000.
- [2] 이종환, 우종명, 김현학, 김경용, "PCS용 표면실장형 칩 안테나 설계," 한국전자파학회논문지, 11권 1호, pp. 55-62, 2000.
- [3] 최원규, 이범선, "Meander line을 이용한 내장형 칩 안테나 설계," 한국통신학회, 하계종합학술대회 논문집, 2000
- [4] Y. Wang and C. K. Lee, "Small Broadband Microstrip Patch Antenna for IMT-2000 Handsets," *Radio and Wireless Conference RAWCON 2000. IEEE*. pp. 187 -190, 2000
- [5] K. Fujimoto et al, "Small Antennas," Research Press Ltd., 1987
- [6] Brian C. Wadell, "Transmission Line Design Handbook," Artech House, Inc., 1991