

# LTCC 공정기술을 이용한 무선랜용 다중대역 칩 안테나 설계

論 文

53C-8-7

## Design of Multi-band Ceramic Chip Antenna for WLAN using LTCC Technology

朴 暎 溟\* · 李 鏞 基\*\* · 李 潤 到\*\*\* · 李 相 沅§ · 千 昌 律§§

(Young-Ho Park · Yong-Ki Lee · Yoon-Do Lee, Sang-Won Lee · Chang-Yul Cheon)

**Abstract** - In this paper, a multi-band ceramic chip antenna for WLAN(Wireless LAN) applications is designed. The design target is to obtain 0 dBi of coverage gain with omni directional radiation pattern. The antenna is fabricated using Low Temperature Co-fired Ceramic(LTCC) technology. The size of the chip antenna is  $2.2 \times 9.65 \times 1.02$  mm. The measured antenna gain is 1 dBi at 2.44 GHz and 0.5 dBi at 5.5 GHz. The omni directional radiation pattern for the two operating bands is obtained. The measured bandwidth( $S_{11}=-10$  dB) are 90 MHz at 2.44 GHz and 1280 MHz at 5.5 GHz respectively

**Key Words** : Electric Field, Gain, LTCC, Resonance, Radiation Pattern, Return Loss

### 1. 서 론

최근 몇 년 사이에 개인용 컴퓨터와 이동통신 기기들이 보편화 되었으며, 이러한 기기들은 통신망을 통하여 자유로이 인터넷에 접속하여 다양한 멀티미디어 정보를 이용할 수 있고, LAN(Local Area Network) 사용자 상호간의 자료 교환도 할 수 있다. 하지만 기존의 유선 LAN 사용자는 공간의 제약과 높은 설치비용을 요구하는 유선망을 통해서만 LAN이 주는 다양한 서비스를 이용할 수 있었다. 그러나 근래에는 이동 작업 환경에서 실시간으로 통신망에 연결하여 업무를 수행해야하는 경우가 많아졌으며 이에 따라 무선랜의 필요성이 강조되고 있다.

무선랜은 2.4~2.484 GHz와 5.725~5.825 GHz의 주파수 대역을 사용하고 있으며 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 더욱이 2003년 6월 제네바에서 열린 세계전파회의에서 5.15~5.35 GHz, 5.45~5.725 GHz 대역의 주파수를 추가 분배함으로써 무선랜 시장이 활성화 될 것으로 예상된다[1]. 이러한 추세에 따라 2 GHz 대역과 5 GHz 대역의 무선랜 대역을 모두 커버할 수 있는 안테나의 개발이 요구된다.

따라서 본 논문에서는 2.4~2.484 GHz 대역 뿐만 아니라 5.15~5.35 GHz, 5.47~5.725 GHz, 5.725~5.825 GHz 대역의 모든 무선랜 대역을 하나의 안테나로 커버할 수 있는 다중공진 안테나를 LTCC 공정기술을 이용하여 칩 안테나로 설계하였다. 모의 실험은 유한요소법(Finite Element Method) 해

석 툴인 HFSS를 사용하였다.

2장에서는 이중공진 안테나의 구조와 모의 실험에 대해서 살펴보고 3장에서는 2장에서 모의 실험을 하여 설계한 안테나를 실제로 제작하여 측정하고 4장에서 결론을 맺는다.

### 2. 안테나 설계

그림 1은 설계한 안테나의 구조를 나타낸다. 기본적인 설계 이론은 모노폴 안테나의 설계 이론을 따르며 안테나의 크기를 줄이기 위해서 모노폴 라인을 접은 형태의 구조이다[2]. 가장 일반적인 다이폴 안테나의 경우 파장이 다이폴 길이의 두 배되는 주파수에서 공진이 일어난다. 즉, 원하는 주파수를 수신하려면 주파수 파장의 반이 되도록 다이폴 안테나의 크기를 설정하면 된다. 모노폴 안테나의 경우 Ground가 image 효과를 가지기 때문에 다이폴 안테나보다 작은  $1\lambda/4$ 의 길이로 만들면 된다[3]. 모노폴 라인을 접음으로 해서 2.4 GHz의 기본 공진 주파수의 2차 하모닉 주파수를 5.3 GHz에서 일어나도록 하였다. 이때 5 GHz 대역의 좁은 대역폭을 보완하기 위하여 5.7 GHz 대역에서 공진이 일어나도록 라인 하나를 더 추가하였다[4].

그림 5에는 모의 실험과 제작 후 측정된 반사 손실을 나타내었다. 2 GHz 대역에서의 공진과 5 GHz 대역 앞 부분의 공진은 folded monopole에 의한 공진이며, 5 GHz 대역에서 보이는 마지막 공진은 5 GHz 대역의 좁은 대역폭을 보완하기 위해 삽입한 monopole에 의한 공진임을 알 수 있다. 모의 실험 결과 2 GHz 대역에서 120 MHz의 대역폭과 5 GHz 대역에서 1300 MHz의 대역폭을 보이고 있다.

칩 안테나의 양 끝단에는 mounting tab(silver paste)을 두어 기판에 장착 시 견고히 하도록 하였다. 급전은 50Ω CPW를 이용하였으며 접지면에 5.5 GHz의  $1\lambda/4$  slot을 둠으로써 방사 패턴을 개선하였다.

\* 學生會員 : 市立大 工大 전자전기컴퓨터공학부 碩士

\*\* 學生會員 : 市立大 工大 전자전기컴퓨터공학부 碩士

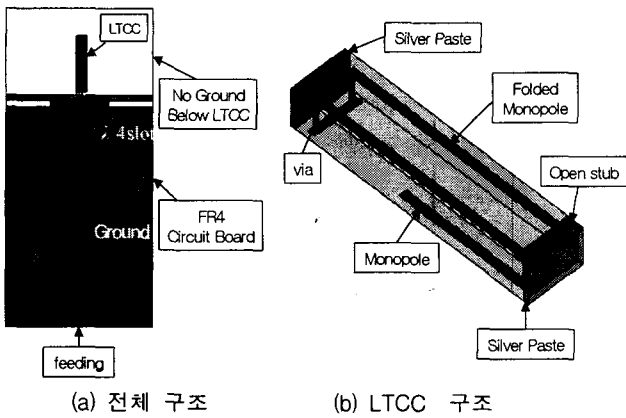
\*\*\* 學生會員 : (주)Amotech

§ 正 會 員 : 市立大 工大 전자전기컴퓨터공학부 博士課程

§§ 正 會 員 : 市立大 工大 전자전기컴퓨터공학부 正教授

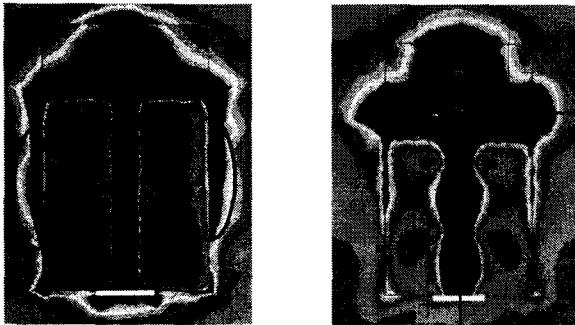
接受日字 : 2004年 1月 30日

最終完了 : 2004年 6月 16日



(a) 전체 구조  
그림 1 안테나 구조  
Fig. 1 Antenna structure.

그림 2는 접지면에 5.5 GHz의 1λ/4 slot을 두었을 때와 두지 않았을 때의 전계 강도를 나타낸다.



a) slot이 없을 때의 전계 분포 b) slot을 두었을 때의 전계 분포  
그림 2 slot의 유무에 따른 전계 분포  
Fig. 2 Electric field distribution

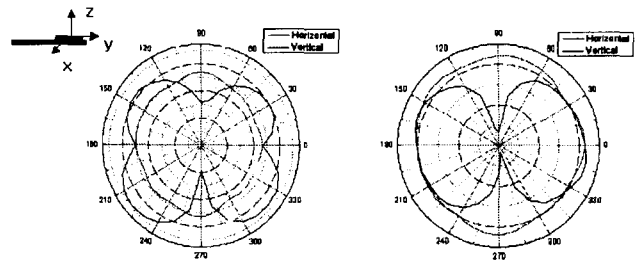
접지면의 길이가 공진주파수의 반파장보다 길게 되면 안테나에서 방사된 전계는 접지면의 측면을 따라서 흐르면서 양 측면에 몰리게 되는데 이는 모노폴 안테나와 동등하게 작용을 한다. 따라서 세 개의 모노폴 안테나가 배열 안테나처럼 동작하게 되어 방사패턴에 영향을 주게 된다. 따라서 접지면 양 끝을 따라 흐르는 전계를 억제할 필요가 있는데 접지면에 1λ/4 slot을 둠으로써 억제할 수 있다. 1λ/4 slot을 두어 slot의 양 끝단의 위상차가 180도가 되므로 out of phase가 된다. 따라서 접지면을 따라 흐르는 전계는 상쇄되며 그림 3은 slot을 두었을 때 접지면을 따라 흐르는 전계가 상쇄 되었음을 보여준다.

그림 3은 접지면에 slot을 두어 개선한 방사패턴을 나타낸다. slot 이 없을 때 0도와 180도 방향으로 나타난 널(null)이 slot을 두었을 때 개선되었음을 알 수 있다.

공진 주파수는 다음의 식으로 나타내어진다.

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

따라서 공진 주파수를 튜닝하기 위해서는 인덕턴스나 커패



a) slot이 없을 때의 방사패턴 b) slot이 있을 때의 방사패턴  
그림 3 slot 유무에 따른 방사패턴  
Fig. 3 Radiation pattern according to slot

시턴스 값을 바꿔주면 된다. 본 논문에서 제안된 안테나의 구조에서 인덕턴스는 공진 라인의 길이에 도미넌트 하고, 커패시턴스는 open stub에 도미넌트하게 작용한다. 따라서 공진 라인의 길이와 open stub의 길이를 변화시킴으로써 튜닝을 할 수 있다. 칩 안테나 표면에 open stub으로 공진 주파수를 튜닝하는 방법은 내부의 공진 라인의 길이를 바꿈으로써 공진 주파수를 튜닝하는 방법과는 달리 안테나를 제작 후 open stub의 길이 변화를 주기 쉽기 때문에 공진 주파수 튜닝이 용이하다.

### 3. 안테나 제작 및 측정

반사 손실 측정은 HP8510C 벡터 네트워크 분석기를 이용하여 측정하였고 무반향실에서 방사 패턴을 측정하였다.

실제 제작한 안테나의 사진은 그림 4에 나타내었다. 제작은 비유전율이 7.8이고 세라믹의 한 층의 두께가 42.5 μm인 LTCC 공정 기술을 이용하였고, 제작된 세라믹 칩 안테나는 가로×세로×두께가 2.2 × 9.65 × 1.02 mm 이다. 측정용 기판은 비유전율이 4.6인 FR4 기판을 사용하였으며, 접지면은 30 × 40 mm 로 상용되는 무선랜 카드의 크기로 하였다. 급전은 50Ω CPW를 사용하였다.

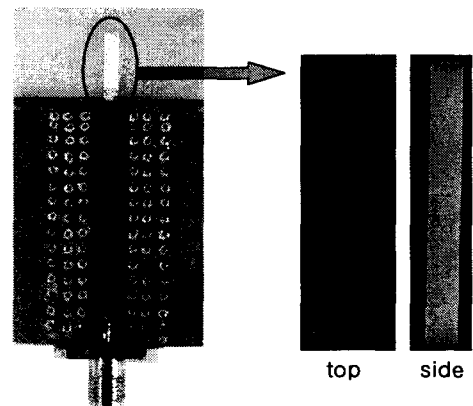


그림 4 제작된 안테나  
Fig. 4 Ceramic chip antenna

표 1은 각 주파수에서의 측정 이득을 나타낸다. 1~2.13 dBi의 이득을 보인다.

제작된 안테나의 측정된 반사 손실은 그림 5에 나타내었다. 측정 결과 2.4 GHz 대역에서는 중심 주파수 2.44 GHz에서 90 MHz의 대역폭을 보여 모의 실험한 결과보다 약간 좁은 대역폭을 보였지만 중심 주파수 5.5 GHz에서 1280 MHz의 대역폭을 보여 모의 실험을 통해 설계한 결과와 비슷한 것을 확인 할 수 있다.

표 1 각주파수별 이득

Table 1 Gain table [dB]

|    | 2.44GHz | 5.2GHz | 5.5GHz | 5.8GHz |
|----|---------|--------|--------|--------|
| 이득 | 1       | 2.13   | 0.5    | 1.83   |

그림 6~9는 각 주파수에서의 방사 패턴을 나타내며 그림 10은 공진라인의 길이에 따른 반사 손실을, 그림 11는 open stub의 길이에 따른 반사 손실을 나타낸다. 각 주파수에서의 방사 패턴은 무지향성 방사 패턴을 보이며 공진라인의 길이와 open stub로 주파수 튜닝이 가능함을 알 수 있다. 그림 10과 11는 공진 주파수는 라인의 길이에 의한 인덕턴스보다 칩 안테나 표면에 둔 open stub 즉, 커패시턴스 값에 더 민감함을 보여준다.

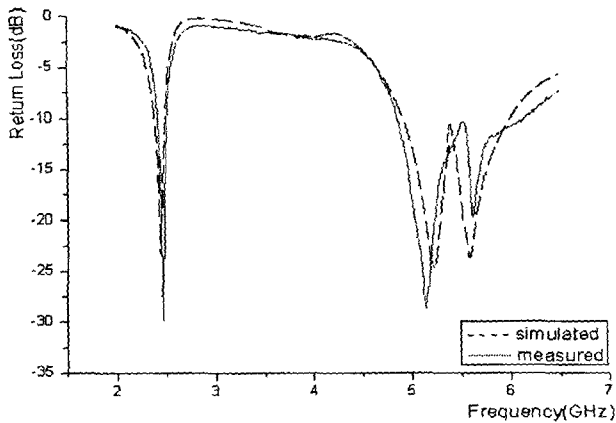


그림 5 측정된 반사손실  
Fig. 5 The measured return loss

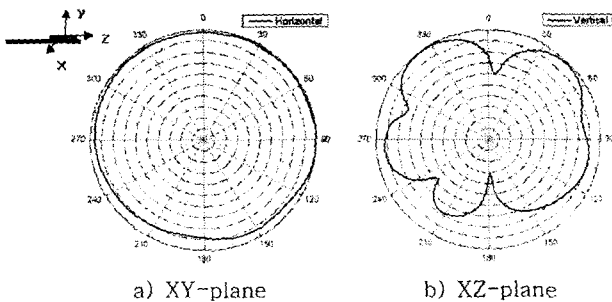


그림 6 2.44 GHz에서의 방사 패턴  
Fig. 6 The radiation pattern at 2.44 GHz

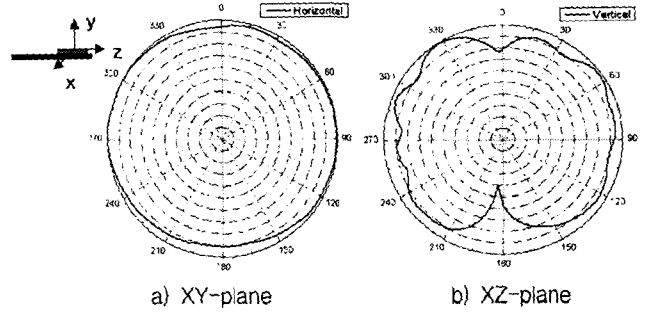


그림 7 5.2 GHz에서의 방사 패턴  
Fig. 7 The radiation pattern at 5.2 GHz

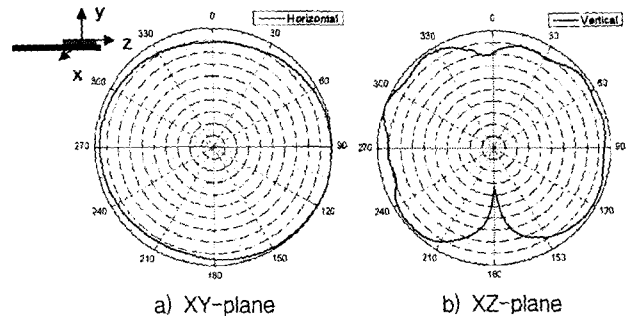


그림 8 5.5 GHz에서의 방사 패턴  
Fig. 8 The radiation pattern at 5.5 GHz

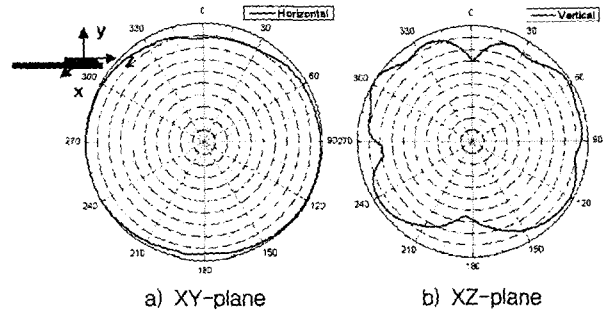
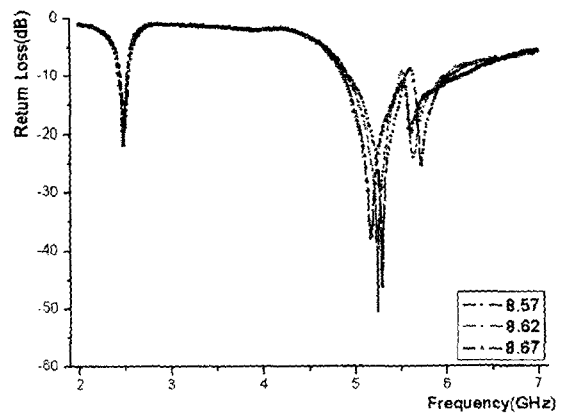
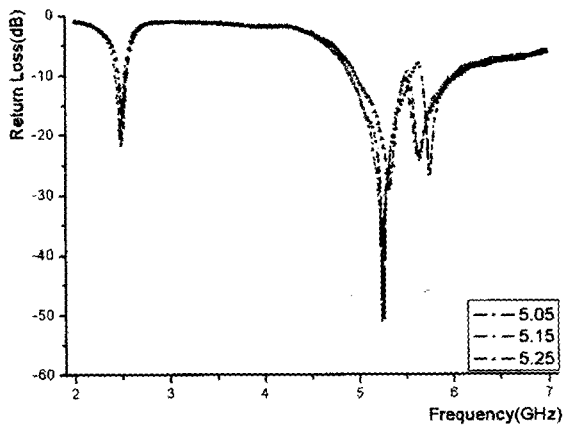


그림 9 5.8 GHz에서의 방사 패턴  
Fig. 9 The radiation pattern at 5.8 GHz



a) 2 GHz 공진라인(folded monopole)에 따른 반사 손실



b) 5 GHz 공진라인(monopole)에 따른 반사 손실

그림 10 Monopole 길이에 따른 반사 손실

Fig. 10 The return loss according to resonant line

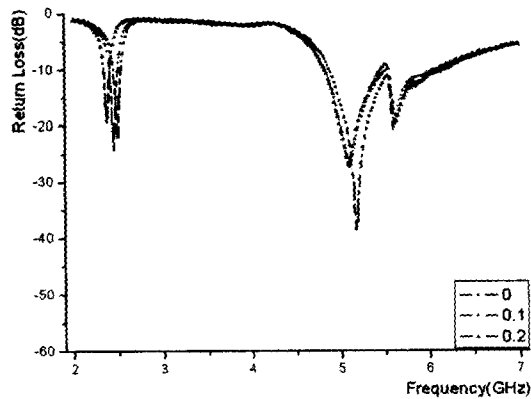


그림 11 stub의 길이에 따른 반사 손실

Fig. 11 The return loss according to the stub

#### 4. 결 론

본 논문에서는 기존의 무선랜 대역인 2.4~2.484 GHz, 5.725~5.825 GHz 외에 2003년 6월 개최된 전파통신회의에서 추가 분배한 5.150~5.350 GHz, 5.47~5.725 GHz 대역까지 커버할 수 있는 세라믹 칩 안테나를 LTCC 공정 기술을 이용하여 제작하였다. 이를 구현하기 위해서 모노폴 안테나 이론을 적용하여 단일 라인으로 2 GHz 대역과 5 GHz 대역에서 이중 공진 특성을 구현하였고, 5 GHz 대역의 방사 특성 개선을 위하여 그라운드에 공진주파수의  $\lambda/4$  에 해당하는 길이의 slot을 두었다. 이 때문에 좁아진 대역폭을 개선하기 위하여 5 GHz 대역 공진 라인을 하나 더 두었으며, 1280 MHz의 대역폭을 구현할 수 있었다.

제작된 칩 안테나는  $2.2 \times 9.65 \times 1.02$  mm 크기이며, 유전율이 4.6이고 0.8 mm의 두께를 가지는 FR4 기판을 상용 무선랜 카드의 크기인  $30 \times 40$  mm의 크기의 접지면으로 사용하여 측정된 결과 VSWR 2 이하에서 2.4 GHz 대역에서 90 MHz의 대역폭과 5 GHz 대역에서 1280 MHz의 대역폭으로 무선랜 대역을 모두 만족하며 무지향성 방사패턴을 보이고 1~2 dBi의 이득을 보였다.

현재 상용으로 사용되고 있는 안테나가 2 GHz 대역이나 5 GHz 대역의 단일 대역 안테나이거나 이중 공진 안테나의 경우 2 GHz 대역과 5.725 ~ 5.825 GHz 대역만을 위한 안테나가 사용되고 있는 시점에서 2 GHz 대역과 5 GHz 대역의 모든 무선랜 대역을 하나의 안테나로 모두 커버할 수 있도록 하였다.

제작된 안테나는 소형이면서 양호한 방사패턴과 이득, 그리고 2.4 GHz 대역과 5 GHz 대역의 무선랜 전 대역을 커버한다는 면에서 무선 서비스에 많이 활용될 것으로 기대된다.

#### 참 고 문 헌

- [1] 이홍림, 이순호, "WRC-2003에서의 국제 무선서비스 주파수 분배," 2003년도 한국정보통신설비학회 하계학술대회 논문집, pp. 23-24.
- [2] Melvin M. Weiner, "Monopole Antennas," Marcel Dekker, Inc., 2003.
- [3] Constaine A. Balanis, "Antenna theory analysis and design," John Wiley & Sons, Inc., 1997, pp.164-165.
- [4] Gwo-Yun Lee, Hong-Twu Chen, Kin-Lu Wong, "A low-cost surface-mount monopole antenna for GSM/DCS operation," Microwave and Optical Technology Letters, Vol. 37, pp. 2-4, Apr. 2003.

### 저 자 소 개



#### 박 영 호 (朴 暎 濼)

1976년 12월 09일생. 2002년 서울시립대 전자전기컴퓨터 학부 졸업. 2004년 동대학원 전자전기컴퓨터 학부 석사 졸업  
Tel : 02-2216-1483  
E-mail : naya05@dreamwiz.com



#### 이 용 기 (李 鏞 基)

1976년 12월 13일생. 2002년 서울시립대 전자전기컴퓨터 학부 졸업. 2004년 동대학원 전자전기컴퓨터 학부 석사 졸업  
Tel : 02-858-4806  
E-mail : yiangel@empal.com



#### 이 윤 도 (李 潤 到)

1976년 3월 23일생. 2000년 서울시립대 전자전기컴퓨터 학부 졸업. 2003년 동대학원 전자전기컴퓨터 학부 석사 졸업  
Tel : 032-821-0363  
E-mail : youtoo76@amotech.co.kr



**이 상 원(李相沅)**

1971년 7월 10일생. 1994년 서울시립대 전자공학과 졸업. 1996년 동 대학원 전자공학과 석사 졸업. 2003년 동 대학원 전자전기컴퓨터 학부 박사 수료

Tel : 02-858-4806

E-mail : mobile\_90@msn.com



**천 장 율(千昌律)**

1960년 4월 5일생. 1983년 서울대학교 전기공학과 졸업. 1985년 동대학원 졸업(석사). 1992년 The University of Michigan, Ann Arbor 졸업(박사). 1992년-1995년 강원대학교 전기공학과 조교수. 1995년-현재 서울시립대학교 전자전기컴퓨터 공학부 교수

Tel : 02-2216-1483

E-mail : changyul@uos.ac.kr