

이중대역 소형 LTCC 칩 PIFA의 설계 및 구현

남성수*·김준형**·조태준**·이홍민***

Design and Implementation of the small PIFA with dual bandwidth using LTCC

Sung-Soo Nam**·June-Hyong Kim**·Tae-June Cho**·Hong-Min Lee***

요 약

본 논문에서는 LTCC를 이용한 이중대역을 갖는 소형화된 칩 PIFA를 설계하였다. 제안된 PIFA는 K-PCS 대역과 WiBro 대역에서 동작시키기 위하여 이중 공진 특성을 갖도록 설계 제작 하였다. 본 안테나는 두개의 층으로 이루어져 있으며 아래 패치는 1.727 ~ 1.847GHz 의 약 120 MHz 대역폭을 갖으며 K-PCS 대역을 만족한다. 위 패치의 급진을 위해 적층 급진을 이용하였으며 2.302 ~ 2.412 GHz 의 약 110 MHz 대역폭으로써 WiBro 대역을 만족한다. K-PCS 와 WiBro 대역에서 최대 방사 이득은 각각 2.11, 3.71 dBi로 나타났다. 안테나의 소형화를 위해 유전율 8을 갖는 유전체 LTCC를 사용하여 칩 형태로 제작하였다. 제안된 PIFA는 SAR 저감효과를 나타내었다.

ABSTRACT

In this paper, the small PIFA with dual bandwidth using LTCC is the proposed. The proposed PIFA is designed and fabricated for dual resonance bands (K-PCS and WiBro). It consists of two layers. The bottom layer shape PIFA has 120MHz bandwidth (1.727 ~ 1.847 GHz), it satisfied K-PCS. The top layer shape stacked element has 110MHz bandwidth (2.302 ~ 2.412 GHz), it satisfied WiBro. The top layer is stacked on the bottom layer for electric coupling. Maximum radiation gain of K-PCS, WiBro bands are 2.11 dBi, 3.71 dBi respectively. For miniaturization of the antenna structure, the PIFA using LTCC ($\epsilon_r = 8$) chip is fabricated. The proposed PIFA shows the effect of SAR reduction also. A defect that is fabricated by stacking up the layers in the design of PIFA is complemented by fabricated in using LTCC chip.

키워드 : PIFA, LTCC, Small Chip Antenna, Dual bandwidth.

1. 서 론

최근 전자산업의 발전과 함께 무선이동통신도 급속도로 성장하였다. 무선이동통신은 다양한 서비스를 위해 집적, 소형, 경량화 된 디자인이 요구되었다. 이러한 소비자의 요구를 충족시키기 위해서 물리적인 크기에 제약받는 안테나의 소형화 연구가 필요한 하다.

제안된 내장형 안테나는 설계가 간단하고 제작 비용이 적은 PIFA(Planar Inverted-F Antenna) 구조를 사용하였다.

PIFA는 $\lambda/4$ 의 전기적인 길이를 갖고, 저 자세 구현이 가능하며, 제작이 용이하다는 장점이 있으나, 근접한 접지면과 높은 전류 밀도로 인해 Q-factor를 증가시켜 협대역 특성을 나타내는 단점이 있다. 또한 안테나 지지대 형성이 어려워 물리적 강도가 약하다는 단점을 갖는다[1].

현재 국가 기관 또는 국제기구 등에서 인체에 근접하여 사용되는 기기에 대해서 인체의 전자파 흡수율(Specific Absorption Rate:SAR)을 규정하고 있다. 무선이동통신기기는 대부분 인체의 두부 부근에 사용되기 때문에 SAR의 절감효과

* 경기대학교 전자공학과 석사과정

** 경기대학교 전자공학과 학사과정

*** 경기대학교 전자공학과 교수(hmlee@kyonggi.ac.kr)

가 요구된다. 단락핀 조정에 의해 영점이 변경되고 안테나의 방사 패턴을 조절할 수 있는 PIFA 구조를 사용하여 SAR 특성을 개선하는 연구가 수행되었다[2-3].

본 논문에서는 안테나 소형화를 위해 고 유전율 기판의 사용하고 적층구조에 따르는 물리적 강도가 약한 단점의 보완하기 위해 LTCC를 사용하여 칩으로 제작된 PIFA를 설계 하였다.

II. 소형화 이론

매질에 의해 더해지는 손실이 없다고 가정한다면, 높은 유전율 값이 있는 곳에 전기장이 집중되기 때문에 급전된 에너지는 자유공간으로 소량 방사되고, 많은 에너지가 축적되어지므로 높은 Q값을 타나낸다. 높은 Q 값은 대역폭의 감소를 초래 하므로 소형 안테나 구현을 위해서는 안테나의 성능과 크기를 고려한 적절한 유전율을 갖는 기판의 선택이 중요하다.

Slit을 이용한 안테나의 소형화 기법은 패치 내에 자계벽을 형성해 줌으로서 전류의 흐름을 바꿔주어 안테나의 전기적인 전류의 길이를 증가시켜주는 방법이다. 전기적인 전류의 길이가 증가하면 그 길이에서 공진하는 동작 주파수가 낮아지게 되므로 이로 인한 안테나의 소형화가 가능하다[5].

III. 이중 대역 칩 PIFA 설계

기존의 내장형 PIFA는 폴리머를 이용하여 안테나 탑재 기구를 선택하고 그 위에 패턴을 형성하여 설계하였다[5]. 폴리머는 가공이 용이하고 매질의 유전율을 손쉽게 변화시킬 수 있지만 2차원적 구조에 한정되기 때문에, LTCC 공정을 이용하여 3차원 적층 구조가 가능한 새로운 형태의 내장형 PIFA를 구현하고자 하였다. 아래패치에 슬릿을 부설하여 소형화를 이루고, 아래패치와 위패치의 높이와 길이 조절을 통한 상호 결합을 이용하여 K-PCS 대역을 형성하도록 하였으며, 아래패치와 위패치 간의 via 없이 적층 구조를 사용하여 WiBro대역을

형성하도록 설계하였다.

그림 1에 소형 LTCC 칩 PIFA 구조를 나타내었다.

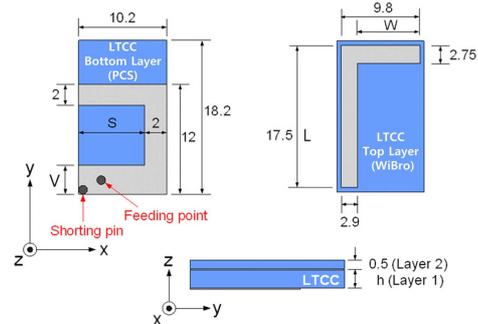


그림 1. 소형 LTCC 칩 PIFA 구조

Fig. 1 The geometry of small PIFA using LTCC

S는 슬릿의 폭으로 안테나 소형화를 위한 변수이고, W는 주 패치에 영향을 주지 않으면서 WiBro의 대역을 조절하기 위한 변수이다. L과 h는 주 패치와 기생 패치의 적층 급전을 위한 변수가 된다.

설계된 안테나는 CST사의 Microwave Studio[6]를 이용하여 모의실험을 하였으며, 동축 케이블을 이용하여 아래 패치에 급전하였다. 접지면의 크기는 현재 상용화되는 모바일 기기의 크기를 고려하여 40mm × 80mm로 제작하였고, 공정에 이용된 LTCC 세라믹 기판의 상대 유전율은 8, 안테나가 실장된 높이 h는 10mm이다. 설계된 모바일 소형 Chip PIFA의 전체적인 크기는 10.2mm × 18.2mm × 1.5mm 이다.

그림 2에 S의 크기 변화에 따른 반사손실의 변화를 나타내었다.

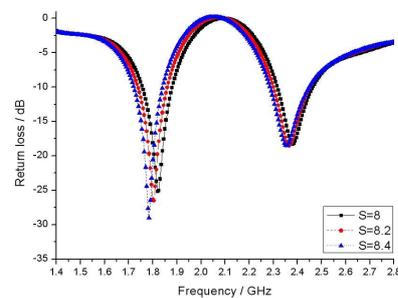


그림 2. S의 변화에 따른 반사손실 (단위 : mm)
Fig. 2 The variation of return loss against parameter S

그림 3에 V의 변화에 따른 반사손실의 변화를 나타내었다.

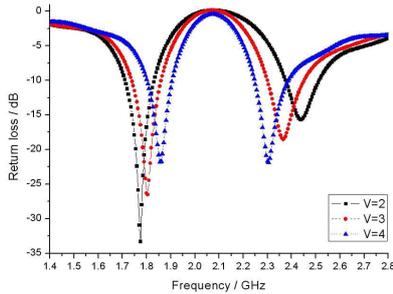


그림 3. V의 변화에 따른 반사손실 (단위 : mm)
Fig. 3 The variation of return loss against parameter V

변수 V의 증가에 따라 아래층에 흐르는 전류의 실효길이는 짧아지고 K-PCS 대역의 중심 주파수는 상향되었다. 그러나 아래층과 위층의 커플링의 양이 증가하면서 WiBro 대역의 중심 주파수는 하향되었다. 본 논문에서는 V의 크기를 4 mm 로 고정하였다.

그림 4에 L의 변화에 따른 반사손실의 변화를 나타내었다.

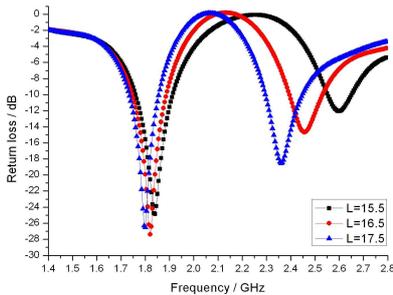


그림 4. L의 변화에 따른 반사손실 (단위 : mm)
Fig. 4 The variation of return loss against parameter L

변수 L의 증가는 인덕턴스 성분의 증가와 비례하며 공진주파수의 하향을 나타내었다. 이는 WiBro 대역 공진주파수의 특성임피던스에 많은 영향을 준다. L의 크기에 따라 공진주파수는 감소 하지만 칩의 전체적인 크기에 영향이 있기 때문에 적절한 범위에서 선택해야 한다. 본 논문에서 L의 크기는 17.5 mm 로 고정하였다.

그림 5는 h의 변화에 따른 반사손실의 변화

를 나타낸 그림이다.

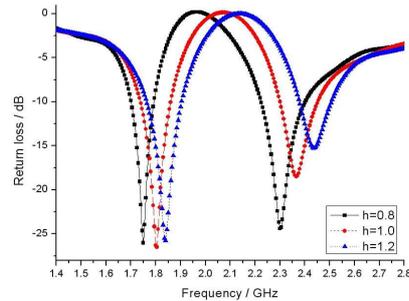


그림 5. h의 변화에 따른 반사손실 (단위 : mm)
Fig. 5 The variation of return loss against parameter h

PIFA와 기생소자 사이에 비아를 사용하게 되면 안테나 전체의 전류밀도에 영향을 주어 방사패턴의 변화를 가져올 수 있다. 이러한 단점을 피하기 위해 두 층의 결합 급전 방식을 사용하였다. 결합 급전의 경우 두 층 사이의 거리는 최대 전력 전달에 있어서 중요한 변수이다. 이 변수 h의 증가에 따라서 중심주파수는 상향됨을 보여준다. 본 논문에서는 h의 크기를 1 mm 로 고정 하였다.

접지면에 실장된 이중대역 소형 LTCC 칩 PIFA의 구조는 그림 6과 같다.

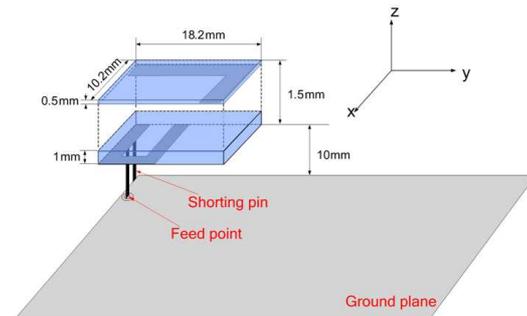


그림 6. 접지면에 실장된 LTCC 칩 PIFA 구조
Fig. 6 The geometry of small PIFA using LTCC mounted on the ground plane

그림 7에 제안된 안테나의 반사손실에 대한 모의실험 결과를 나타내었다. 제안된 안테나는 1.8 GHz의 중심주파수와 1.74 ~ 1.86 GHz (120MHz)의 대역폭으로써 K-PCS 대역을 만족

하였고 2.37 GHz의 중심주파수와 2.3 ~ 2.45 GHz (150MHz)의 대역폭 특성을 나타내므로 WiBro 대역을 만족하였다.

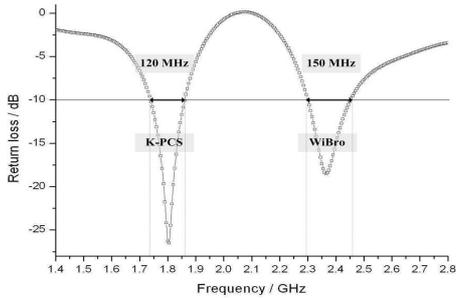


그림 7. LTCC를 이용한 이중대역 소형 칩 PIFA의 반사손실
Fig. 7 The simulated return loss of small PIFA using LTCC

그림 8에 제안된 안테나의 입력 임피던스에 대한 모의실험 결과를 나타내었다.

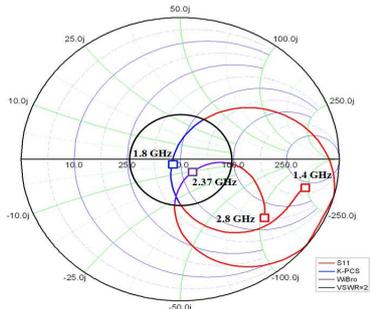
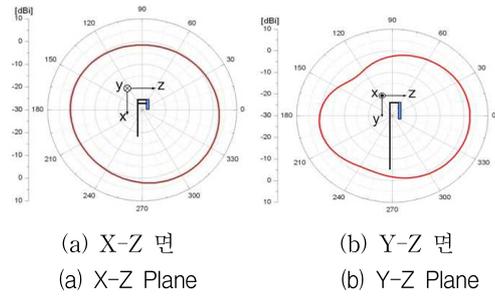


그림 8. LTCC를 이용한 이중대역 소형 칩 PIFA의 S11를 나타낸 입력 임피던스
Fig. 8 The simulated characteristic of S11

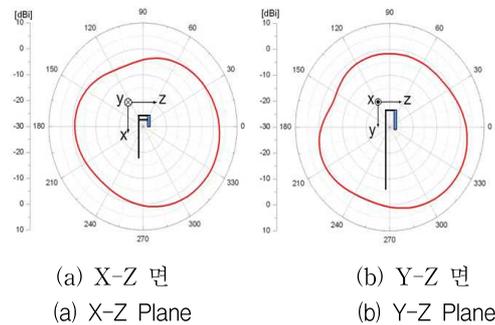
K-PCS 대역과 WiBro 대역에서 VSWR=2 범위에서 공진 특성을 나타낸다.

그림 9에 제안된 안테나의 중심 주파수 1.8 GHz에서 모의실험 된 방사패턴을 나타내었다.



(a) X-Z 면 (a) X-Z Plane
(b) Y-Z 면 (b) Y-Z Plane
그림 9. 제안된 안테나의 방사패턴 (f=1.8 GHz)
Fig. 9 The simulated radiation pattern of proposed antenna (f=1.8 GHz)

최대 방사 이득은 3.53 dBi로 나타났다. 그림 10에 제안된 안테나의 중심 주파수 2.37 GHz에서 모의실험 된 방사패턴을 나타내었다.



(a) X-Z 면 (a) X-Z Plane
(b) Y-Z 면 (b) Y-Z Plane
그림 10. 제안된 안테나의 방사패턴 (f=2.37 GHz)
Fig. 10 The simulated radiation pattern of proposed antenna (f=2.37 GHz)

최대 방사 이득은 4.53 dBi로 나타났다. 최종적으로 모의실험을 통한 데이터는 표 1과 같다.

표 1. 모의실험 결과

Table. 1 The summary of simulated results

대역	K-PCS	WiBro
규격		
중심 주파수	1.8 GHz	2.37 GHz
대역폭 (VSWR ≤ 2)	120 MHz	150 MHz
최대이득	3.53 dBi	4.53 dBi

IV. 제작 및 측정

모의실험을 통하여 얻어진 결과를 토대로 하여 LTCC 공정을 이용한 3차원 적층 구조의 PIFA를 구현하였다. 아래 패치에 슬릿을 부설하여 소형화를 이루고, 아래패치와 위패치의 높이와 길이를 조절하여 상호 결합을 최적화시킴으로서 K-PCS 대역을 형성하도록 설계하고, 아래패치와 위패치 간의 적층 급전을 통하여 WiBro 대역을 형성하도록 설계하였다. 그림 11에 제작된 안테나의 각 층 내부 구조를 나타내었으며, 그림 12에는 제작된 안테나의 급전 구조를 나타내었다.

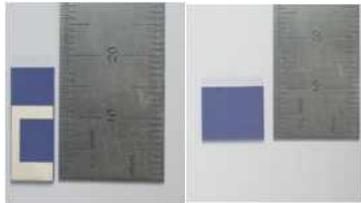


그림 11. 제작된 안테나의 사진
Fig. 11 The photo of fabricated antenna



그림 12. 제작된 안테나의 급전구조
Fig. 12 The feeding structure of fabricated antenna

제작된 안테나의 실제 측정 결과 반사손실은 그림 13과 같다.

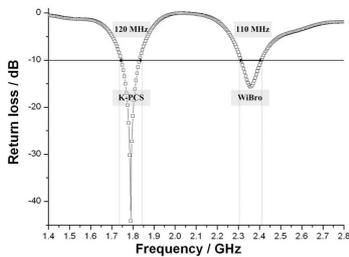
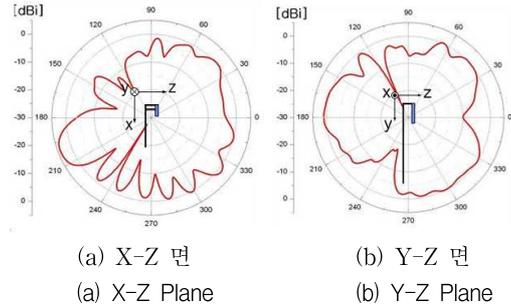


그림 13. 제작된 안테나의 반사손실
Fig. 13 The measured return loss of fabricated antenna

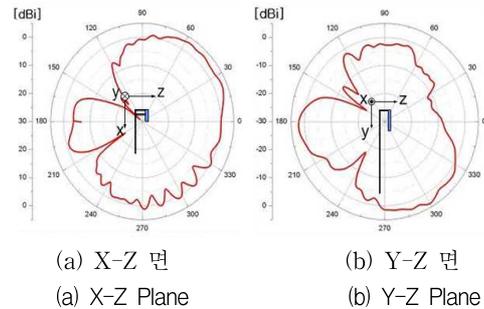
제작된 안테나의 실제 측정 결과 중심 주파수 1.78 GHz에서의 방사패턴을 그림 14에 나타내었다.



(a) X-Z 면 (a) X-Z Plane (b) Y-Z 면 (b) Y-Z Plane
그림 14. 제작된 안테나의 방사패턴 (f=1.78 GHz)
Fig. 14 The measured radiation pattern (f=1.78 GHz)

최대 방사 이득은 2.11 dBi로 나타났다. 실제 두부와 맞닿게 될 x-z 평면 120도 부근에서 영점이 나타나기 때문에 SAR 저감효과에 이점이 있음을 보여준다.

제작된 안테나의 실제 측정 결과 중심 주파수 2.35 GHz에서의 방사패턴을 그림 15에 나타내었다.



(a) X-Z 면 (a) X-Z Plane (b) Y-Z 면 (b) Y-Z Plane
그림 15. 제작된 안테나의 방사패턴 (f=2.35 GHz)
Fig. 15 The measured radiation pattern (f=2.35 GHz)

최대 방사 이득은 3.71 dBi로 나타났다. x-z 평면 130도 부근에서 영점이 나타나기 때문에 SAR 저감효과에서 이점이 있음을 보여준다.

실제 제작한 PIFA의 측정 결과를 표 2에 나타내었다.

표 2. 실제 측정 결과
Table. 2 The summary of results

규격 \ 대역	K-PCS	WiBro
중심 주파수	1.78 GHz	2.35 GHz
대역폭 (VSWR \leq 2)	120 MHz	110 MHz
최대이득	2.11 dBi	3.71 dBi

V. 결 론

본 논문에서는 120MHz의 대역폭을 갖는 K-PCS 와 110MHz의 대역폭을 갖는 WiBro 의 이중대역을 만족하는 LTCC를 이용한 칩 PIFA를 설계하였다. PIFA 구조를 사용함으로써 SAR 저감효과를 나타내도록 하였고, LTCC 가 갖는 고 유전율 특성과 슬릿을 이용하여 안테나를 소형화를 하였다.

실제 측정 결과 K-PCS 대역의 중심 주파수 1.78 GHz에서 2.11 dBi, WiBro 대역의 중심 주파수 2.35 GHz에서 3.71 dBi로 최대이득을 얻을 수 있었고, K-PCS 대역 x-z plane 120도 부근, WiBro 대역 x-z plane 130도 부근에서 SAR 저감효과가 있음을 입증하였다.

제안된 안테나는 PIFA의 SAR 저감효과의 장점을 이용하고 소형화와 구조적인 결함을 LTCC를 이용한 칩 형태로 제작함으로써 보완 하였으므로 무선이동통신기에 적용 가능할 것으로 사료된다.

참고문헌

[1] H. A. Wheeler, "Small Antennas," IEEE Trans. Antennas Propagat., vol. AP-23, pp. 462-469, 1975.
 [2] J. D. Park and Nam Kim "SAR Analysis on Human Head Caused by PCS Handheld telephone," BEMS, pp. 166-167, June 1999.
 [3] Y. H. Choi, N. Kim, J. D. Park, "Design of Antenna on IMT-2000 Handset for SAR Resucton," ETRI vol. 11 No. 1, 2001.
 [4] Kin-Lu Wong, Planar Antennas for Wireless

Communications, John Wiley & Sons, pp. 26-126, 2003.

[5] S. Takahiro, H. Hitoshi, Se Youhei, I. Morihiko, T. Shinichi, T. Hisashi, "Triple-band Internal Antenna for Clamshell type Mobilephone" Hitachi Cable review No.22, pp. 26-31, 2003.
 [6] CST STUDIO SUITETM 2008 MWS (Micro Wave Studio) manual, CST Corporation.

저자약력



남 성 수(Sung-Soo Nam)

2007년 경기대학교 전자공학과 (공학사)
 2008년 경기대학교 전자공학과 석사과정

<관심분야> 안테나 설계 및 해석, RF 수동소자



김 준 형(June-Hyong Kim)

2003년 경기대학교 전자공학과 학사과정

<관심분야> 안테나 설계 및 해석, RF 수동소자



조 태 준(Tae-June Cho)

2003년 경기대학교 전자공학과 학사과정

<관심분야> 안테나 설계 및 해석, RF 수동소자



이 흥 민(Hong-Min Lee)

1972년 연세대학교 전자공학과 (공학사)
 1974년 연세대학교 전자공학과 (공학석사)
 1990년 연세대학교 전자공학과 (공학박사)
 1991년-현재 경기대학교 전자공학과 교수

<관심분야> 안테나 설계 및 해석, 전파 전파, RF 수동소자