

Design a Non-Slot Step Folded PIFA and Analyze the Characteristic for Dual-Band GSM and W-CDMA

이비오*, 고현정**, 박상복**, 천창을**, 정용식*

(Vea-o Lee*, Hyun-Jung Ko**, Sangbok Park**, Chang-yul Cheon**, Yong-seek Jeong*)

Abstract : In this paper, we propose the folded PIFA with its made an alteration to a factor of resonance for L-slot PIFA. Proposed antenna maintain diminished size patch and improve each bandwidth of GSM(0.88~0.96 GHz) and W-CDMA(1.92~2.17 GHz) for miniaturized repeater. The non-slot step folded PIFA's structure that design of essence was general L-slot PIFA for dual-band. It has no U-slot, multi band and the another slot. The parameters of proposed antenna were optimized for dual-band and compact size by folded singleness patch. Proposed antenna by using folded singleness patch take satisfaction main point, bandwidth of GSM and W-CDMA, compact patch size(39×21×13 mm³). The antenna was designed by FDTD simulation tool and it was made from result of simulation. Measured data shown that the proposed non-slot step folded PIFA was strong possibility.

Keywords: Non-slot, L-slot, Dual-band, GSM, W-CDMA

I. 서론

1990년대 초 중반부터 급격한 성장을 이룩하고 현재 진행 중인 이동통신 사업은 3세대 이동통신으로 접어들어 서비스를 시행 중이다. 기존의 GSM 이동통신 서비스와 3세대 W-CDMA 이동통신 주파수 사용 대역의 차이로 인해 GSM 및 W-CDMA 이동통신 서비스를 동시에 제공해야 하는 필요성이 있으며, 건물 내부 및 각 지하 주차장, 기타 사각지역의 원활한 통신 환경을 기존의 외부 중계기만으로는 확보하는데 어려움이 있으므로 그 차선택으로 사용되는 소형 중계기는 이중 대역 및 소형화된 크기가 필수적이다.

이러한 GSM 및 W-CDMA 중계기 시스템에서 실질적인 송, 수신 단에 내장되어 사용될 안테나 역시 각 이중 대역에서 동작함과 동시에 소형화된 크기가 요구된다. 단일 공진 안테나를 두 개 또는 그 이상 사용함으로써 발생하는 물리적 공간과 비용의 문제를 해결하기 위해 이중 대역 Non-slot Step Folded PIFA를 제안한다.

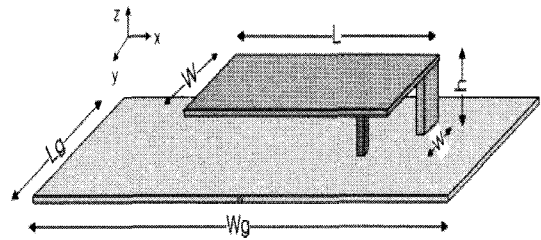
소형화시 협대역의 단점을 보임에도 PIFA를 모태로 선택함은 생산 단가를 최소화 하고 PIFA의 단점을 극복하기 위한 연구의 필요성 때문이다.

본 논문에서 제안된 안테나는 소형 중계기용, GSM 및 W-CDMA 이중 대역 특성을 갖고 각 대역폭을 만족 하며, 중계기에 내장되어 사용될 수 있는 크기의 소형화한 안테나이다 [1][2].

L-Slot 및 기타 Slot 형태의 이중 대역 구조의 PIFA 보다 상대적으로 간단한 파라미터와 특성 조율이 가능한 이중 대역 PIFA 설계에 그 목적을 두었다.

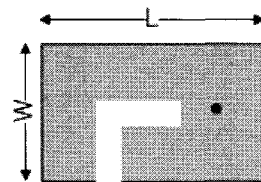
PIFA의 기본적인 구조는 그림 1 (a)와 같으며 (b)는 (a)의

구조에 L-slot을 추가하여 이중 공진으로 동작하는 L-slot PIFA 안테나의 범용적인 구조이다[3][4]. PIFA에 대한 기존의 선행 연구들을 통해 밝혀진 파라미터들과 그 특성의 연관성은 표 1과 같다[4]. 기본적인 PIFA 구조 이외에 Slot 추가 및 구조적 변화에 따라 다른 연관성을 나타내므로 절대적인 파라미터는 아니다.



(a) PIFA 구조도

(a) PIFA structure



(b) L-slot PIFA 구조도

(b) L-slot PIFA structure

그림 1. PIFA 및 L-slot PIFA 구조도

Fig 1. PIFA and L-slot PIFA structure

본 논문에 제시된 안테나의 경우 대역폭 확장을 위해 선행된 연구 자료를 참고, 표 1에 제시된 방법들만으로는 PIFA의 기본적인 구조가 아닌, 설계 구조가 새롭게 변화된 상태에서 대역폭 확장의 결과에 도달하지 못했다.

논문접수 : 20xx. x. x., 채택확정 : 200x. x. xx.

이비오, 정용식 : 광운대학교 전자공학과

(eboant@kw.ac.kr, yschung@kw.ac.kr)

표 1. PIFA의 주 파라미터와 특성 관계

Table 1. Relation characteristic between parameter of PIFA

<ul style="list-style-type: none"> · h 를 높이면 대역폭이 넓어지고 공진주파수가 낮아진다.
<ul style="list-style-type: none"> · $w/W \leq 1$ 이면 공진 주파수가 높아지고 대역폭이 넓어진다.
<ul style="list-style-type: none"> · W/L 의 비율을 더 크게 하면 공진 주파수가 낮아지고 대역폭이 넓어진다.
<ul style="list-style-type: none"> · Feeding probe 와 Shorting strip 의 위치 그리고 w 의 폭은 방사 패턴 특성을 제어할 수 있다.

PIFA는 이동통신용으로 사용하기에는 Shorting strip을 통한 소형화 장점에 비해 협대역의 단점을 갖고 있어, GSM과 W-CDMA 대역을 만족하기 위해 L-slot 고유 구조만으로는 소형화 구조를 유지하며 대역폭을 확보하기에는 그 한계성이 있다.

전체적인 설계에 있어 구조적 소형화를 유지하고 각 대역폭을 만족하기 위해 기존에 제시 되어온 U-slot 및 기생 공진을 이용하는 방법이 아닌 기존의 L-slot PIFA의 Slot 이중 공진의 한계성을 파악하고 단일 패치를 갖는 구조로 이중 공진을 실현하여, 소형 중계기용 GSM 및 W-CDMA 각 대역을 만족하는 Non-slot Step Folded PIFA를 설계 하였다. FDTD 해석 법 시뮬레이션을 이용하여 제안된 안테나는 제작과 측정을 통하여 그 성능을 검증 및 분석 하였다.

II. PIFA 설계

2-1 L-slot PIFA

PIFA의 동작 주파수 산출 공식은 식 (1)과 같으며 선행 연구와 표 1을 참고하여 시뮬레이션을 통해 설계된 L-slot PIFA의 협대역 특성을 확인 하고자 Return Loss 결과를 분석 하였다[3].

$$f_o = \frac{c}{4(L+h)} \quad (1)$$

제작된 L-slot PIFA의 파라미터는 표 2에 나타내었으며 본 논문에서 제안된 안테나와 객관적 비교를 위하여 그 구조적 크기를 소형화하여 설계 하였다. Feeding probe의 위치를 고려함에 있어, 안테나의 전계 강도가 클 경우 방사 전력 이 증가하고 그로 인한 이득이 증가하는 원리를 적용 하였다 [5].

표 2. 설계 L-slot PIFA 파라미터

Table 2. Designed L-slot PIFA parameter

파라미터	값 [mm]
패치의 크기 (L, W)	59 × 22
패치의 높이 (h)	13
접지면의 크기 (Lg, Wg0)	120 × 40
Feeding probe 좌표 (Fx, Fy)	45, 12

그림 2에 나타난 L-slot PIFA의 시뮬레이션 결과를 분석하면 $VSWR \leq 2$ 에서 GSM 대역을 충분히 확보하고 있으나 W-CDMA 대역에서는 필요치의 50(%)도 만족하지 못하고 있음이 나타나 있다.

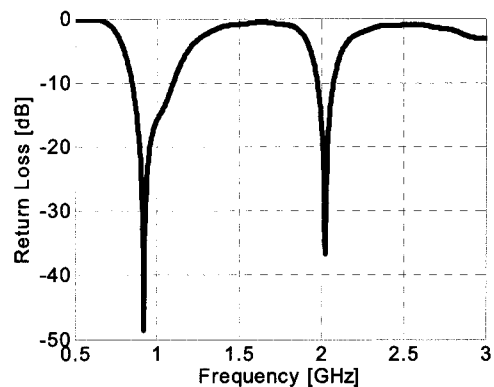


그림 2. 설계 L-slot PIFA Return loss

Fig 2. Designed L-slot PIFA for Return loss

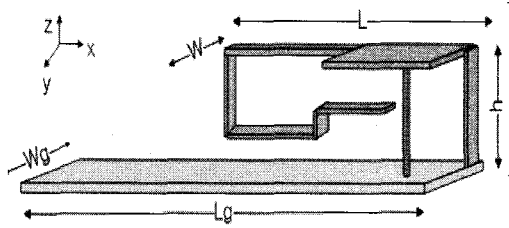
물리적 구조 크기를 증가시킨 뒤 추가적인 Slot으로 대역폭을 확보하는 방법이 제시 될 수 있겠으나 구조적인 크기를 유지하고 그 높이 또한 유지한 채로 대역폭을 확보하는 데에는 한계가 있다. Double L-slot 격인 U-slot을 통한 해결법에는 추가적인 L-slot으로 인한 PIFA의 새로운 파라미터 생성으로 안테나 조율의 어려움 및 그 특성에 변화를 가져오며 이중 대역 L-slot PIFA의 특성상 방사 패치의 면적이 감소하면 GSM의 대역폭이 감소되며 결국 W-CDMA를 포함한 각 이중 대역의 대역폭을 만족 할 수 없게 된다.

2-2 Non-slot Step Folded PIFA

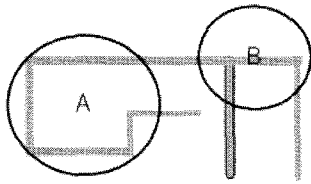
본 논문에서는 GSM 및 W-CDMA 이중 대역을 목적으로 L-slot을 갖는 PIFA의 대역폭과 물리적 크기의 소형화의 한계를 확인하고 L-slot PIFA의 구조적 변화를 취하여 Slot을 통한 이중 공진이 아닌 단일 채피 이중 공진을 실현하고 접혀진 패치를 통하여 그림 1 (b)의 구조가 같은 소형화 문제와 그로인한 대역폭 문제를 개선하였다[1][3].

제안된 안테나 Non-slot Step Folded PIFA의 구조는 그림 3 (a), (b)와 같으며 그림 3 (c)와 (d)에 제시된 시뮬레이션 결과, 표면 전류 분포와 제안된 안테나의 특성 분석을 통하여 접혀진 패치면 상층부와 하층부 사이의 공간을 이용한 Slot 공진이 아닌 단일 패치 이중 공진임을 확인 할 수 있다.

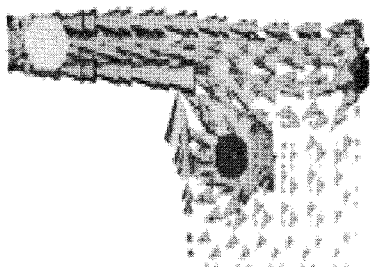
접혀진 방사체를 편 안테나를 별도로 설계한 결과에서도 단일 패치를 통한 이중 대역 특성을 변함없이 나타내었다.



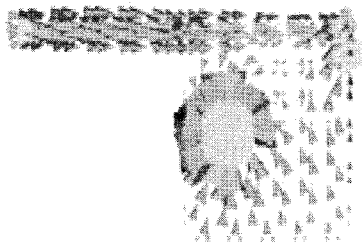
(a) Non-slot Step Folded PIFA 3D 구조
(a) 3D structure of Non-slot Step Folded PIFA



(b) 방사체의 측면도
(b) Side-view of radiator



(c) GSM 공진 주파수 표면 전류 분포
(c) Surface current distributions of on the radiator resonant frequency of GSM



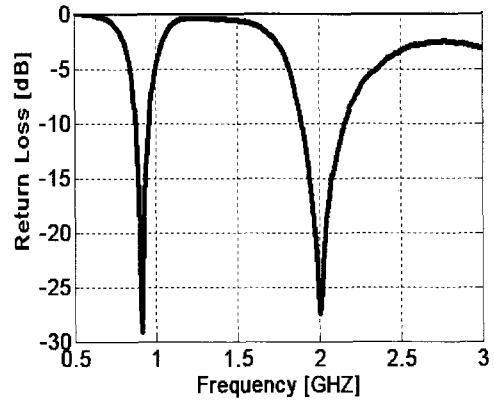
(d) W-CDMA 공진 주파수 표면 전류 분포
(d) Surface current distributions of on the radiator resonant frequency if W-CDMA

그림 3. Non-slot Step Folded PIFA 3D 구조 및 각 공진 주파수 방사체의 표면 전류 분포

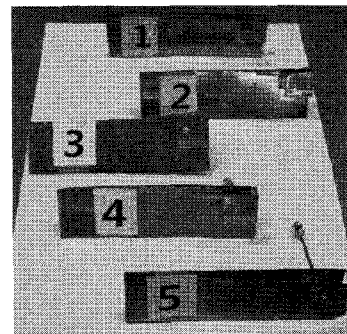
Fig 3. 3D structure of Non-slot Step Folded PIFA and surface current distributions on the radiator at each resonant frequency

본 논문에서 제시된 Non-slot Step Folded PIFA는 그림 1

(b)에 제시된 L-slot PIFA의 구조에서 그 높이를 유지한 채 구조적 파라미터 L은 더 소형화 되었고 단일 패치만으로 이중 공진을 실현 하였으며 대역폭 문제를 개선하였다. L-slot PIFA와는 다르게 Slot 공진이 아니며, 그림 3 (b)의 제안된 구조의 방사체 A와 B는 서로 의존성이 적고 단일 패치면 만으로 이중 공진하는 특성을 갖으므로 패치면 A, B 파라미터 L과 W의 변화로 GSM 및 W-CDMA 각 공진 주파수의 공진 점과 대역폭의 증가 및 감소를 보다 쉽게 조율할 수 있다.



(a) Measured Return loss



(b) Manufacture non-slot Step Folded PIFA

그림 4. 제안된 안테나의 설계 결과

Fig 4. Results of proposed antenna

표 3. Non-slot Step Folded PIFA의 파라미터

Table 3. Parameter of Non-slot Step Folded PIFA

파라미터	값 [mm]
패치의 크기(L, W)	39 × 21
패치의 높이(h)	13
접지면의 크기(Lg, Wg)	120 × 40
Feeding probe 좌표(Fx, Fy)	25, 11

제안된 안테나의 측정 결과 그 특성은 그림 4에 나타내었으며 더욱 소형화된 방사체의 구조로 GSM 및 W-CDMA 각 대역의 대역폭을 VSWR ≤ 2에서 만족하는 결과를 보이고 있으며 구조적 크기는 더욱 소형화된 상태이다.

III. 결론

본 논문에서 제시한 GSM 및 W-CDMA Non-slot Step Folded PIFA 는 범용적인 이중 공진 L-slot PIFA 구조를 모태로 소형화에 따른 협대역 단점을 보완하기 위해 이중 공진 요인을 변경하고 접혀진 방사체 방법을 이용하여 소형화와 대역폭 문제를 개선하였다. 서로 의존성이 적은 방사체의 A, B 부분의 파라미터를 이용한 조율로 공진 주파수 및 대역폭을 보다 간략히 조율할 수 있다.

참고 문헌

- [1] C. Y. Chiu, C. H. Chan, K. M. Luk, "Small Dual-Band Antenna with Folded", *IEEE ANTENNAS AND WIRELESS PROPAGATION LETTERS*, VOL 3, 2004
- [2] Y. S. Wang, M. C. Lee, S. J. Chung, "Two PIFA-Related Miniaturized Dual-Band Antenna", *IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND WIRELESS PROPAGATION LETTERS*, VOL 55, NO. 3, MARCH 2007
- [3] Z. D. Liu, P. S. Hall, D. Wake, "Dual-Frequency Planar Inverted-F Antenna", *IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND WIRELESS PROPAGATION LETTERS*, VOL 45, NO. 10, OCTOBER 1997
- [4] Z. N. Chen, M.Y.W. Chia, "Broadband Planar Antennas", WILEY, 2006
- [5] T. H. Son, J. H. Lee, "Feeding Point Determination for Optimum Performance of PIFA Internal Antenna for the Mobile Phone Handset", *KEES*, 17th, MARCH 2006



천창울

1980-1983 서울대학교 전기공학 학사
 1984-1985 서울대학교 전기공학 석사
 1992-1995 The University of Michigan, Ann Arbor 전자공학 박사
 1992-1995 강원대학교 조교수
 1995-2003 서울시립대학교 부교수
 2003-현재 서울시립대학교 정교수



정용식

1989 서울대학교 전기공학과 학사
 1991 서울대학교 전기공학과 석사
 2000 서울대학교 전기공학부 박사
 1999.1~1996.5 LG전자 주임연구원
 2001.9~2003.2 Syracuse 대학교 박사후연구원
 2003.3~2006.2 명지대학교 조교수
 2006.2-현재 광운대학교 조교수



이비오

2008 ~ 현재 광운대학교 전파공학과 석사과정 재학중



고현정

2008 ~ 현재 서울시립대학교 전자전기 컴퓨터공학부 석사과정 재학중



박상복

2007 ~ 현재 서울시립대학교 전자전기 컴퓨터공학부 석사과정 재학중