

논문 2007-44TC-1-20

기생 패치를 이용한 이중 대역 적층형 헬릭스 모노폴 안테나 설계

(A Design of Dual-band Stacked Helix Monopole Antenna with Parasitic Patch)

정진우*, 김경근*, 이현진***, 임영석**

(Jinwoo Jung, Kyoungkeun Kim, Hyeonjin Lee, and Yeongseog Lim)

요약

본 논문은 이동 통신 단말기에 사용되는 PCS 와 위성 DMB 이중 대역에서 동작 하는 기생패치를 이용한 적층형 헬릭스 모노폴 안테나의 설계 및 제작 측정에 관한 논문이다. 안테나의 부피를 줄이기 위한 적층형 헬릭스 구조를 구현하기 위해 유전체의 윗면과 아랫면에 인쇄되어 있는 헬릭스 부분을 직경 0.35 mm 그리고 높이 0.4 mm 인 비아를 사용하였다. 그리고 이중 대역 동작을 위해 윗면과 아랫면 사이에 기생 패치를 삽입하였다. 이중 대역의 첫 번째 동작 주파수와 두 번째 동작 주파수의 비는 기생패치의 구조적 변수에 의해 변화된다. 제작된 안테나는 유전율이 4.2 인 FR-4 기판을 사용하였고 면적은 15.5×7.6×0.4 mm³ 이다. 측정된 대역폭 (VSWR<2)은 PCS 대역에서 240 MHz 이고 위성 DMB 대역에서 250 MHz 이다.

Abstract

This paper presents the design simulation, implementation, and measurement of a miniaturized PCS / Satellite DMB dual-band stacked monopole antenna with a parasitic patch for mobile communication terminals. A stacked helix is realized by using a via hole with height of 0.4 mm and a diameter of 0.35 mm to connect upper- and lower-layer helix sections for a reduction of the dimensions of the antenna. In addition the stacked helix chip antenna is interleaved with a parasitic patch to achieve two different radiation modes. The ratio of the first frequency and the second frequency vary with the geometrical parameter of the parasitic patch. The fabricated antenna uses FR-4 substrate with a relative permittivity of 4.2. Its dimensions are 15.2×7.6×0.4 mm³. The measured impedance bandwidths (VSWR<2) are 240 and 250 MHz at the operating frequencies, respectively.

Keywords : Stacked, Helix, Parasitic Patch, Dual-band, Monopole Antenna

I. 서론

무선 통신 기술의 발달로 인해서 이동통신 단말기는 소형화 및 다중 대역 동작화 되고 있다. 따라서 무선 통신 단말기의 중요한 부품 중에 하나인 안테나 또한 소

형화와 다중 대역 동작이 요구 된다. 일반적인 이동 통신 단말기에서는 구현하기 쉬운 형태인 휘 (Whip) 안테나와 같은 선형 안테나가 많이 사용되었다. 선형 안테나를 소형화하기 위한 방법으로는 선형 구조를 스파이럴 (Spiral), 헬릭스 (Helix) 혹은 미앤더 (Meander) 등의 형태로 변형하는 방법이 있다^[1-3]. 그리고 미앤더 혹은 헬리컬 구조의 방사체를 서로 다른 층으로 나누고 비아를 통하여 적층하는 구조를 이용하여 더욱 소형화 할 수 있다^[4].

이중 대역에서 동작하는 안테나의 구조는 커플드 라인을 이용한 구조, 기생 소자를 삽입한 구조 그리고 일정하지 않는 권선 간격을 갖는 헬릭스 구조 등이 있다

* 학생회원, ** 정회원, 전남대학교 전자공학과
(Department of Electronics Engineering, Chonnam National University)

*** 정회원, 동강 대학
(Department of Electronics and Information, Dongkang College)

※ 본 연구는 BK21 사업의 지원으로 수행되었음.

접수일자: 2006년11월23일, 수정완료일: 2007년1월12일

¹⁴⁻⁷⁾ 본 논문에서는 안테나의 부피를 줄이고 이중 대역에서 동작 하는 안테나를 구현하기 적층으로 구현된 헬릭스 안테나에 기생 패치를 삽입한 구조를 제안하였다.

적층형 헬릭스 안테나는 헬릭스 부분을 유전체의 서로 다른 면에 인쇄하고 비아를 통해서 연결한다. 헬릭스 안테나를 적층형으로 구성하게 되면 안테나의 면적을 줄일 수 있을 뿐만 아니라 기생 패치에 의한 이중 대역 동작을 유도 하는 커플링 효과를 최대화 할 수 있기 때문에 효율적인 구조이다. 적층형 헬릭스 안테나에 기생 패치를 이용하면 안테나는 헬릭스 부분과 기생 패치 사이의 커플링 효과에 의한 내부 커패시턴스와 인덕턴스 변화를 이용하여 이중 대역에서 동작 하게 된다.

본 논문에서는 기생 패치를 삽입한 적층형 헬릭스 안테나의 등가 회로를 이용하여 기생 패치의 구조 변수에 의한 동작 주파수와 각 대역의 대역폭의 관계를 고찰하였다. 그 결과 제안한 안테나는 이중 대역의 주파수 비를 1.406에서 2.214까지 설정 할 수 있었다.

본 논문에서는 PCS (Personal Communication Services, 1.85~1.99 GHz) / 위성 DMB (Satellite Digital Multimedia Broadcasting, 2.605~2.655 GHz) 대역에서 동작하고 각 대역에서 전방향성 특성을 갖는 기생 패치를 이용한 적층형 헬릭스 모노폴 안테나를 설계 및 제작 측정하였다.

II. 안테나 구조

이중 대역에서 동작하는 기생패치를 이용한 적층형 헬릭스 안테나는 유전율이 4.2 이고, 두께가 0.2 mm인 FR-4 기판을 2층으로 적층하여 구현되었다. 그림 1은 안테나의 3 차원 구조도와 각 단면도를 보여 준다. 상층면과 하층면에는 헬릭스형 방사체의 일부분이 각각 인쇄되어 있고, 중간층에는 기생패치가 인쇄되어 있다. 방사체는 높이가 0.4 mm이고 직경이 0.35 mm 비아를 통해 연결되어 있다. 제안한 안테나의 면적은 15 × 7.5 × 0.4 mm³이다. 제안한 안테나의 급전부는 그림 2와 같이 CPW(Coplanar Waveguide)를 사용하였다. 급전부는 유전율이 4.2 이고 높이가 0.8 mm인 FR-4 기판을 사용하였고, 면적은 바(bar) 형태의 안테나에 일반적으로 사용되는 35 × 80 × 0.8 mm³이고, 접지면의 면적은 35 × 45 mm² 이다. 그리고 안테나와 접지면은 원활한 급전을 위해 2.2 mm의 간격을 두었다. 제안한 안테나는 PCS, 위성 DMB에서 동작하기 위한 구조 변수를 선택하였다. 표 1은 구조변수 값을 나타낸다.

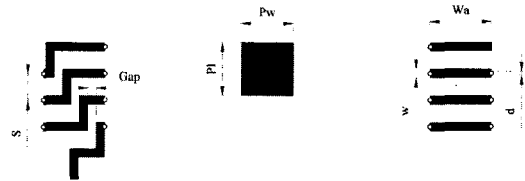
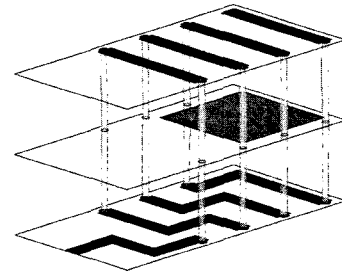


그림 1. 기생 패치를 삽입한 적층형 헬릭스 안테나 구조도

Fig. 1. Geometry of stacked helix antenna with parasitic patch.

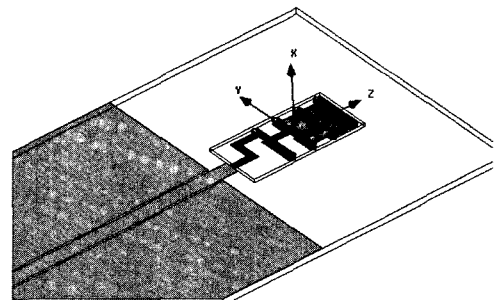


그림 2. 제안한 안테나의 급전 구조

Fig. 2. Feeding structure of proposed antenna.

표 1. 구조 변수 값

Table 1. The value of the design parameter.

Wa	6.5 mm	안테나의 폭
w	0.9 mm	안테나 선로의 폭
S	3.0 mm	피치 (Pitch)
Gap	6.0 mm	권선의 공백 간격
Pw	6.0 mm	기생 패치의 폭
Pl	0.85 mm	기생 패치의 길이

III. 안테나 설계

1. 선형 모노폴 안테나

선형 모노폴 안테나의 기본 동작 주파수는 안테나의 길이가 파장에 관계하여 $\lambda_b/4$ 가 되었을 경우 설정된다. 그리고 선형 모노폴 안테나는 3차 고조파 주파수를 갖는데 이때의 파장의 길이는 $3\lambda_b/4$ 가 된다. 그림 3은 기본 동작 주파수와 고조파 주파수에서의 전류 분포

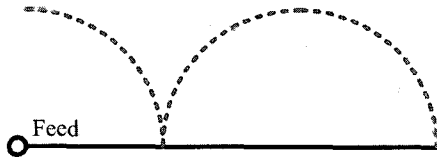


그림 3. 모노폴 안테나의 전류 분포
Fig. 3. Current distribution of monopole antenna.

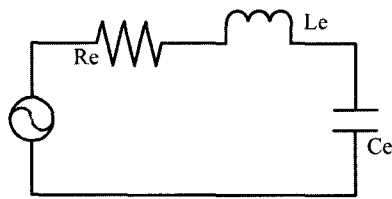


그림 4. 모노폴 안테나의 등가회로
Fig. 4. Equivalent circuit model of monopole antenna.

를 보여 준다. 실선의 경우 기본 동작 주파수이고, 점선은 고조파 동작 주파수이다.

선형 모노폴 안테나는 기본 동작 주파수와 고조파 동작 주파수에서 직렬 공진 형태를 취하기 때문에 그림 4와 같은 등가 회로로 표현 할 수 있다.

Le와 Ce는 모노폴 안테나의 등가 인덕턴스와 커패시턴스이다. 따라서 동작 주파수와 Q 는 식(1) 과 (2)와 같이 표현 된다^[8].

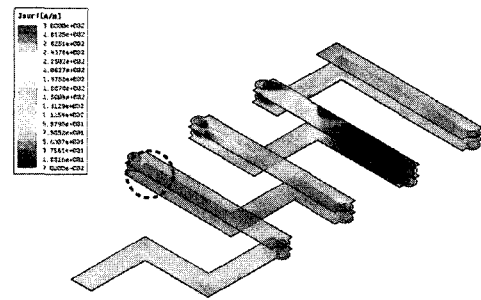
$$f_o = \frac{1}{2\pi \sqrt{LeCe}} \quad (1)$$

$$Q = \frac{\omega Le}{Re} = \frac{1}{\omega Re Ce} = \frac{1}{Re} \sqrt{\frac{Le}{Ce}} \quad (2)$$

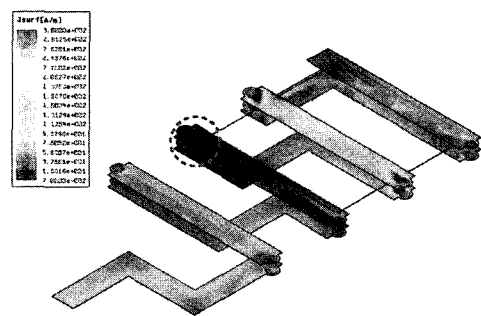
식 (1) 과 (2) 에 의해서 안테나의 Ce 증가는 안테나의 대역폭을 확장하게 된다. 이는 안테나 방사체의 표면적을 넓히고, 방사체의 전류 밀도를 같은 방향으로 분산시키면 안테나의 대역폭이 확장 되는 것과 같은 의미이다. 그리고 Le의 증가는 대역폭을 축소하게 된다. 이는 방사체의 표면적을 좁혀 전류 밀도를 높이는 것과 같은 의미이다. 이러한 모노폴 안테나의 기본적인 원리는 선형 구조를 미앤더, 헬리컬 등의 구조로 변형된 모노폴 안테나에서도 사용된다.

2. 기생패치를 이용한 이중 대역 동작

적층형 헬릭스 안테나에 기생 패치를 삽입하게 되면 이중 대역 동작이 유도 된다. 이는 고조파 주파수가 기본 동작 주파수에 인접하게 낮아지기 때문이다. 기생



(a)



(b)

그림 5. 기생 패치 유·무에 따른 고조파 주파수의 전류 분포

Fig. 5. Current distribution as a parasitic patch.

패치를 삽입하게 되면 안테나의 내부 커패시턴스가 증가 하게 되어 안테나 내부에 야기 되는 전류 분포가 변하게 되고 이에 의해 내부 인덕턴스가 변하게 된다. 그 결과 고조파 주파수($3\lambda_h/4$)는 낮아지고 대역폭은 넓어지게 된다. 그림 5는 기생 패치의 유·무에 따른 고조파 주파수에서의 전류 분포이고, 그림 6은 기생 패치를 삽입한 적층형 헬릭스 안테나의 등가 회로이다. Lp 와 Cp는 기생 패치에 의해 발생한 인덕턴스와 커패시턴스이다.

기생 패치가 없는 적층형 헬릭스 구조의 경우 고조파 주파수가 4.34 GHz 이다. 그러나 기생 패치를 삽입한 구조의 경우 2.63 GHz 으로 낮아졌다. 그림 5에서 고조파 주파수의 전류 분포 중 방사체의 끝 부분에서 $\lambda_h/2$ 의 부분의 위치가 기생 패치가 삽입된 경우 안테나의 오픈 지점으로 이동하게 된 것을 알 수 있다. 이는 그림 6의 등가 회로에서 기생 패치에 의한 Cp 증가에 의해 물리적인 길이는 고정되어 있어도 상대적으로 전기적 길이가 짧아지기 때문이다.

안테나 내부에 야기된 전류 분포의 방향이 같은 방향을 지향하면 안테나의 내부 인덕턴스는 커지게 되어 동

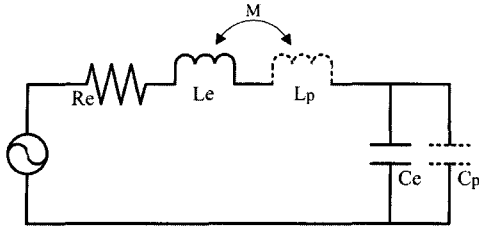


그림 6. 기생 패치를 삽입한 적층형 헬릭스 안테나 등가 회로

Fig. 6. Equivalent circuit model of stacked helix antenna.

작 주파수는 낮아지게 된다. 그러나 안테나의 구조에 의해 반대 방향을 지향하는 전류가 분포하게 되면 내부 인덕턴스는 줄어들게 된다. 그리고 반대 방향을 지향하는 전류 분포가 많아지게 되면 그에 비례하여 내부 인덕턴스도 줄어들게 된다^[9]. 그림 6의 L_p 의 상호 인덕턴스 M 은 전류 분포 방향이 같은 방향이면 가동 상호 인덕턴스 이고 반대 방향이면 차동 상호 인덕턴스 이다.

고조파 주파수의 경우 방사체의 끝부분에서 $\lambda_h/2$ 와 나머지 $\lambda_h/4$ 의 방향을 서로 반대 방향으로 분포한다. 기생 패치를 삽입한 적층형 헬릭스 안테나의 경우 기생 패치에 의해 증가된 C_p 에 의해 그림 5-(b)와 같이 반대 방향을 지향하는 전류 분포가 많아지게 된다. 그 결과 L_p 의 상호 인덕턴스 M 은 차동으로 동작 하여 안테나 전체 내부 인덕턴스는 줄어들게 된다.

기생 패치를 삽입한 적층형 헬릭스의 경우 기생 패치에 의해서 C_p 는 증가하고, 내부 인덕턴스는 줄어들어 대역폭은 확장하게 된다. 그리고 L_p 에 의한 전체 내부

인덕턴스 감소에 비하여 C_p 의 증가가 크기 때문에 동작 주파수는 낮아지게 된다.

L_p 와 C_p 는 기생 패치의 구조변수, 즉 기생패치의 폭(P_w)와 기생 패치의 길이(P_l)의 종속 변수이다. 따라서 P_w 와 P_l 이 변하게 되면 고조파 주파수의 동작 대역과 대역폭이 변하게 된다. 그림 7은 P_w 을 고정 시킨 상태에서 P_l 의 길이 변화에 따른 반사 손실 변화를 보여준다.

그림 7에서 알 수 있듯이 고조파 주파수는 P_l 이 길어짐에 따라 점차 낮아진다. 그리고 대역폭은 넓어진다. 이는 P_l 이 길어질수록 $C_{p_h(P_w, P_l)}$ 는 커지게 되고 그 결과 안테나의 전체 인덕턴스는 줄어들기 때문이다.

그림 6의 등가 회로에서 고조파 주파수는 식 (3)과 같이 구성되고 Q 는 식(4)와 같이 구성 된다.

$$f_h = \frac{1}{2\pi \sqrt{[Le_h - Lp_h(P_w, P_l)][Ce_h + Cp_h(P_w, P_l)]}} \quad (3)$$

$$Q_h = \frac{\omega(Le_h - Lp_h(P_w, P_l))}{Re} = \frac{1}{\omega Re (Ce_h + Cp_h(P_w, P_l))} = \frac{1}{Re} \sqrt{\frac{Le_h - Lp_h(P_w, P_l)}{Ce_h + Cp_h(P_w, P_l)}} \quad (4)$$

고조파 주파수의 관점에서만 볼 때 $P_l = 3.6$ mm 일 때의 안테나 전체 내부 인덕턴스와 커패시턴스는 약 47.295 nH와 0.0582 pF 이었고, $P_l = 5.6$ mm의 경우 약 21 nH와 0.174 pF 이었다.

그림 8은 P_l 을 고정 시킨 상태에서 P_w 의 길이 변화에 따른 반사 손실 변화를 보여준다.

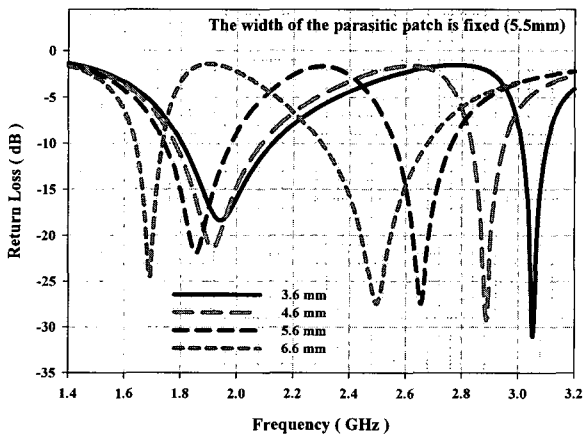


그림 7. P_l 변화에 따른 동작 주파수 변화
Fig. 7. Operating frequency as a P_l .

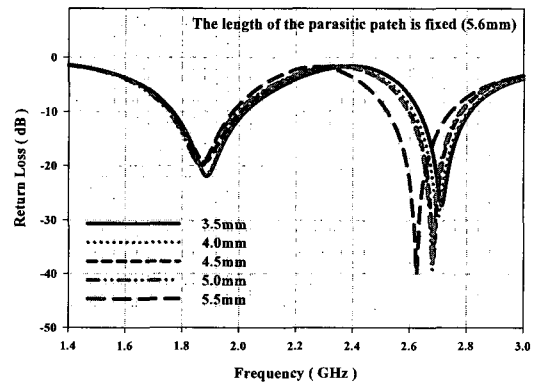


그림 8. P_w 변화에 따른 동작 주파수 변화
Fig. 8. Operating frequency as a P_w .

PI가 고정된 상태에서 Pw의 변화에 따른 $Cp_{h(Pw,Pl)}$ 와 $Lp_{h(Pw,Pl)}$ 의 변화가 PI 변화에 따른 변화에 비하여 상대적으로 작기 때문에 그림 8에서와 같이 고조파 주파수의 동작 대역과 대역폭이 소폭으로만 변하게 된다. 그러나 변화 양상은 같다

그림 7과 8에서 기본 동작 주파수($\lambda_b/4$)는 PI과 Pw이 증가함에 따라 소폭으로 변하게 되는데 이는 기생패치에 의해 영향을 받는 부분이 파장에 비하여 짧아 Cp와 Lp의 변화량이 작기 때문이다.

Cp가 증가함에 따라 그림 5-(b)의 경우처럼 물리적인 길이는 고정되어 있어도 전기적 길이가 짧아지기 때문에 안테나에 야기된 전류의 밀도는 높아지게 되고 인덕턴스는 높아지게 된다. 기본 동작 주파수의 기생패치에 의해 발생한 Lp는 고조파 주파수와는 달리 안테나 전체에 같은 방향으로 분포한다. 따라서 Lp에 의한 상호 인덕턴스 M은 가동으로 작하여 내부 인덕턴스는 증가하게 된다. 그 결과 기본 동작 주파수 대역은 낮아지고 대역폭도 좁아지게 된다.

그림 9는 기생 패치를 5개로 나눈 적층형 헬릭스 안테나의 구조이고, 그림 10은 기생 패치를 임의의 n개의 같은 크기로 나누어 기생 패치에 의해 증가된 커패



그림 9. 5개로 나누어진 기생 패치를 갖는 적층형 헬릭스 안테나

Fig. 9. Stacked helix antenna with divided parasitic patch.

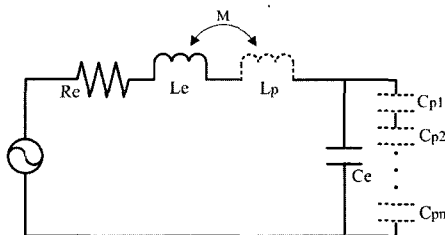


그림 10. n개로 나누어진 기생 패치를 삽입한 적층형 헬릭스 안테나 등가 회로

Fig. 10. Equivalent circuit model of stacked helix antenna with divided parasitic patch.

시턴스를 변화 시킨 등가 회로이다.

n이 증가 할수록 기생 패치에 의해 발생 되는 커패시턴스와 인덕턴스의 영향은 줄어들게 된다. 그 이유는 그림 10의 등가 회로에서 n이 증가 하게 되면 Cp는 직렬로 나누어지기 때문에 안테나 내부 전체 커패시턴스는 줄어들게 되어 Lp의 영향이 줄어들기 때문이다. 그 결과 기본 동작 주파수의 동작 대역은 높아지고, 대역폭은 넓어지게 되고, 고조파 주파수의 동작 대역은 높아지고, 대역폭은 좁아지게 된다. 즉, n이 늘어날수록 나누어 지지 않는 기생 패치의 PI과 Pw의 구조적 길이가 줄어드는 영향과 같은 효과가 나타나게 된다. 그림 11은 n의 증가에 따른 반사 손실 변화를 보여준다.

그림 12은 n=5 일 때의 전류 분포를 보여 준다. 방사체의 끝 부분에서 $\lambda_h/2$ 의 위치가 그림 5-(b)에 비해 급전부 쪽으로 이동한 것을 알 수 있다.

기생 패치가 구조적으로 변화됨으로 발생하는 $Cp_{(Pw,Pl,n)}$ 와 $Lp_{(Pw,Pl,n)}$ 의 변화로 기본 동작 주파

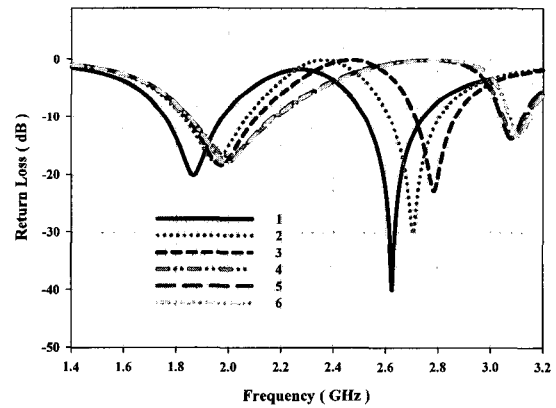


그림 11. n 변화에 따른 동작 주파수 변화
Fig. 11. Operating frequency as a n.

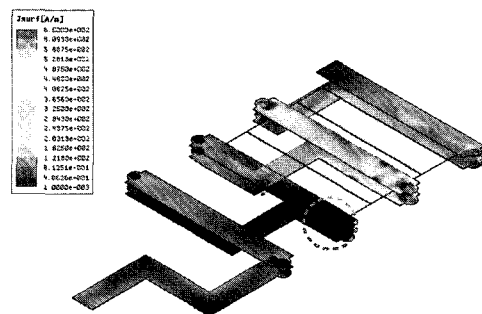


그림 12. 고조파 주파수의 전류 분포 (n=5)
Fig. 12. Current distribution of harmonic frequency. (n=5)

수와 고조파 주파수를 변형시켜 이중 대역 동작 주파수 비($Freq_h/Freq_b$)를 변화 시킬 수 있다. 본 논문에서 제안한 구조의 안테나는 기생 패치에 의해 발생한 $Cp(P_w, Pl, n)$ 와 $Lp(P_w, Pl, n)$ 를 이용하여 최소 1.406에서 최대 2.214의 주파수 비를 설정 할 수 있다.

IV. 제작 및 측정

그림 13은 제작된 안테나를 보여준다. 모의실험에 의한 안테나의 전체 면적은 $15 \times 7.5 \times 0.4$ mm³ 이었으나 제작 공적으로 오차로 인해 $15.2 \times 7.6 \times 0.4$ mm³ 으로 제작 되었다. 그림 14은 표 1의 구조 변수 값을 이용하여 제안한 안테나의 HFSS 9.2를 이용한 모의실험과 제작 측정된 반사 손실 그래프를 보여준다. 측정된 반사 손실 그래프는 의도한 대역에서 잘 동작함을 알 수 있다. 그러나 제작 과정의 오차에 의해서 모의 실험 결과와 약간의 차이가 남을 알 수 있다. 측정된 대역폭(VSWR<2)은 낮은 동작 대역에서 240 (1.793~2.034 GHz) MHz 이고 높은 동작 대역은 250 (2.593~2.844 GHz) MHz 이다. 이는 PCS (1.75~1.87 GHz) 그리고 위성 DMB (2.605

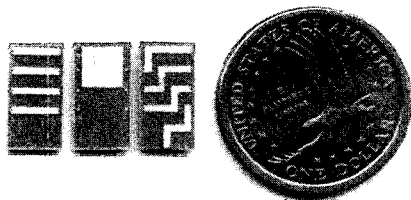


그림 13. 제작된 안테나
Fig. 13. Fabricated Antenna.

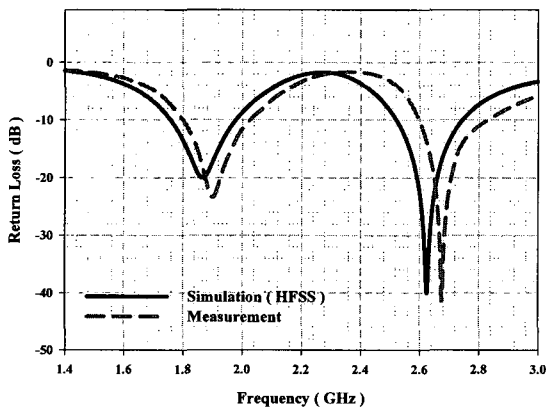


그림 14. 모의실험과 제작 측정된 방사 손실 그래프
Fig. 14. Simulated and measured return loss.

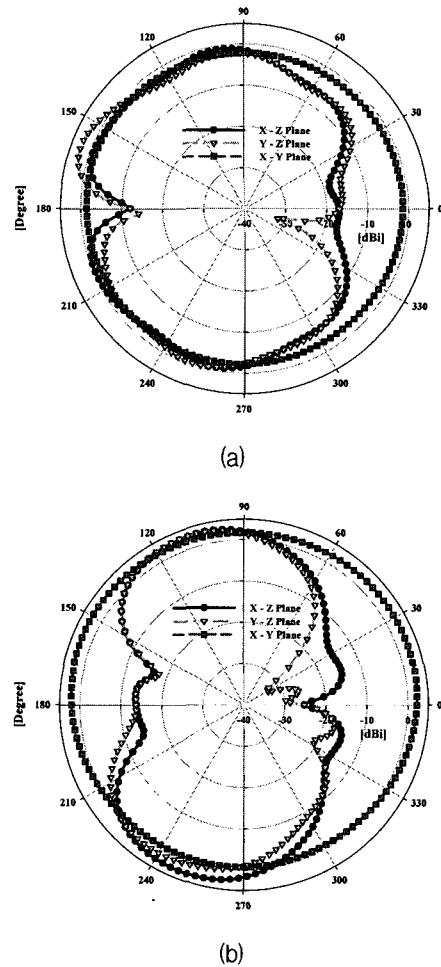


그림 15. 측정된 방사 패턴 (a) PCS (b) S-DMB
Fig. 15. Measured radiation pattern. (a) PCS (b) S-DMB

~2.655 GHz)에서 동작하기 충분한 결과이다.

그림 14는 각 동작 대역에서 측정된 방사 패턴이다. 방사 패턴은 전방향성 특성을 보여준다. PCS 와 위성 DMB 동작 주파수에서의 최대 이득은 2.48 dBi 와 3.13 dBi 를 갖는다.

V. 결론

본 논문에서는 안테나의 소형화와 이중 대역 동작을 효과적으로 유도하기 위한 방법으로 기생 패치를 이용한 적층형 헬릭스 안테나를 제안하였다. 또한 기생 패치의 삽입에 따른 동작 주파수와 대역폭의 변화를 등가 회로를 통하여 이중 대역 동작 원리를 분석하였으며, 제안한 안테나 구조의 경우 기생 패치의 구조 변수에 따른 이중 대역 동작 주파수 비를 1.406에서 2.214 까지 설정할 수 있었다. 제안한 안테나는 PCS / 위성 DMB 이중 대역에서 동작한다. 제작된 안테나의 전체 면적은

15.2 × 7.6 × 0.4 mm³ 이다. 각 동작 대역에서의 VSWR<2 기준의 대역폭은 240 MHz 와 250 MHz 이고 최대 이득은 2.48 dBi 와 3.13 dBi 이다. 제안한 안테나는 FR-4 기판을 사용하여 낮은 제작 단가와 쉽게 제작할 수 있는 장점이 있다.

제안한 기생 패치를 이용한 적층형 헬릭스 안테나 구조를 이용하면 이중 대역에서 동작 하는 안테나 설계에 유용할 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

[1] Fujimoto K., "Small-sized antenna", IEICEJ, vol. 60, pp. 391-397, 1977.

[2] Fujimoto K., "Trend of research for small-sized antenna", IEICEJ, vol. 70, pp. 830-838, 1987.

[3] Hisamatsu NAKANO, Helical and Spiral Antennas, JOHN WILEY & SONS INC.

[4] Jinwoo Jung, Hyeonjin Lee, Jaechun Lee, Yeongseog Lim, "Dual Band Meander Line Antenna Using Coupled Line", ICEIC, vol. 1, pp. 118-121, 2006.

[5] Chien-Yuan Pan, Chien-Hsiang Huang, and Tzyy-Sheng Horng, "Printed Crisscross Monopole Antenna with Square Conductor-Backed Parasitic Plane For Dual-band WLAN Applications", Microwave and Optical Technology Letters, Vol 46, pp. 541-543, 2005.

[6] Jean-Marie Floc'h and Hatem Rmili, "Design of Multiband Printed Dipole Antennas Using Parasitic Elements", Microwave and Optical Technology Letters, Vol 48, pp. 1639-1645, 2006.

[7] Zhou.G, "A non-uniform pitch dual band helix antenna", Antenna and propagation society international symposium. IEEE, vol. 1, pp. 274-277, 2000.

[8] CONSTANTINE A. BALANIS, "ANTENNA THEORY ANALYSIS AND DESIGN", WILEY-INTERSCIENCE.

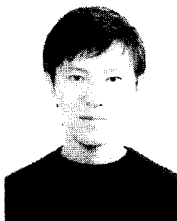
[9] Best. S. R, "The effectiveness of space-filling fractal geometry in lowering resonant frequency", Antenna and Wireless Propagation Letters, vol. 1, pp. 122-115, 2002.

[10] Bahl, I.J., "Lumped Elements for RF and Microwave Circuits.", Art ech House

저 자 소 개

정 진 우(학생회원)
대한전자공학회 제 43권 TC편 제 11호 참조

이 현 진(정회원)
대한전자공학회 제 43권 TC편 제 11호 참조



김 경 근(학생회원)
2005년 전남대학교 정보통신공학
부 전자공학전공 (공학사)
2005년~현재 전남대학교 전자정
보통신공학과 석사과정
<주관심분야 : FDTD 기반 전자
파 해석, 패시브 소자 설계>

임 영 석(정회원)
대한전자공학회 제 43권 TC편 제 11호 참조