

지그재그 다이폴 안테나의 집적화에 관한 연구

。 전후동, 전상재, 송창현, 하석영, 이승혁, 이영순, 박의준
 금오공과대학교 전자공학부

A Study on the Integration of Zigzag Dipole Antennas

。 Hoo Dong Jeon, Sang Jae Jun, Chang Hyun Song, Seok Young Ha,
 Seung Hyuk Lee, Young Soon Lee, Eui Joon Park
 School of Electronic Engineering, Kumoh National Institute of Technology

Abstract

In this paper, the characteristics of linealy bent wire antennas are first analyzed for shortening straight wire antennas. The results are appropriately applied to the design of the integrated zigzag dipole antenna. Since the integration give rise to discontinuities due to line width, the integrated parasitics are properly attached to both sides of substrate for improving the antenna gain and return loss. The design results are verified with experiments.

Key words: zigzag antennas, dipole, parasitics

I. 서론

안테나 소형화 추세를 감안하면 직선형(straight) 와이어 안테나의 길이를 축소시키는 방법은 매우 의미있다고 볼 수 있다. 와이어의 총길이는 변화시키지 않고, 적절히 구부려 지그재그형으로 구성하면 길이 단축 효과를 얻을수 있다[1].

본 연구에서는 무선 와이어 총길기와 성능의 변화없이 구부릴 수 있는 한계를 검토하고, 이 결과를 집적화시키는데 적용하는 방법을 다루었다. 급전부의 간소화를 위해 50 Ω 마이크로스트립 선로로 직접 급전시킬 수 있도록 설계하였으며, 이득 개선 및 반사손실 최소화를 위해 집적선로형 기생소자(parasitic)를 추가하는 방법을 채택하였다. 원하는 공진주파수에 대한 지그재그 개수, 피치각 및 라인 폭등의 최적값을 도출하여 설계한 안테나의 성능 분석 결과, 기존의 라인형 패치 다이폴안테나[2], folded slot형 안테나[3][4], bow-tie 안테나[5]등에 비해 집적도 및 성능면에서 우수함을 확인할 수 있었다. 제작을 위해 가격이 싼 FR-4(비유전율:4.8, 높이:1mm), 기판을 사용하였으며, 900MHz, 2.45GHz

및 5.8GHz에 대해서 설계, 제작 및 실험함으로써 설계구조의 타당성을 보였다.

II. 지그재그 와이어 안테나 분석

직선형 와이어 안테나를 구부려 지그재그 안테나로 구성할 경우 성능 분석을 위한 기하 구조를 그림 1에 보였다. 와이어의 총 길이를 L_T 라 하고, 같은 길이로 구부려 사이각 ψ 를 갖도록 구성하면 단축된 길이 L_S 를 갖는다.

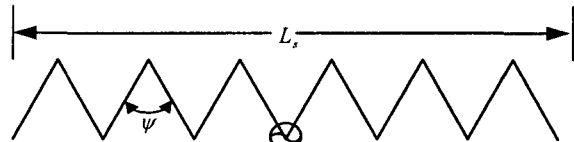
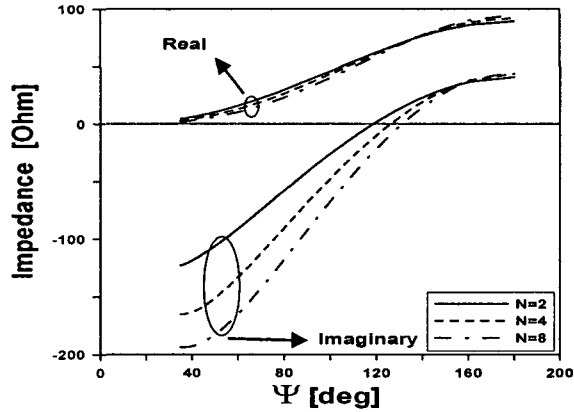


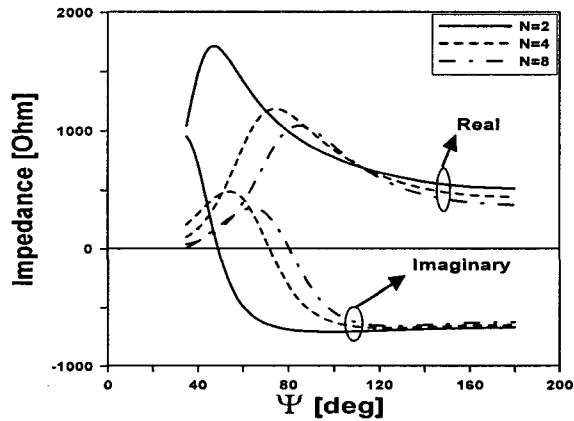
그림 1. 와이어 총길이가 L_T 인 지그재그 안테나

수치해석을 위해 펄스함수를 기저함수로 두고 Galerkin법을 사용하였다. 그림 2는 L_T 가 0.5λ 및 1.0λ 일 때 사이각 ψ 의 변화에 대한 입력임피던스 공진특성을 보인 것이다. $L_T=0.5\lambda$ 및 피치 개수 $N= 4$ 인 경우 $L_S= 0.45\lambda$ 에서 공진이 일어나며, $L_T=$

1.0λ일 때 $L_s = 0.58\lambda$ 에서 공진이 일어난다. 이 때 각각의 이득은 2.1 dB 및 2.6 dB로서 직선형 다이폴 안테나의 이득과 거의 유사하다. 그림 3은 지그재그 안테나와 직선형 안테나의 공진특성을 나타내었다. 그림으로부터 지그재그 안테나가 직선형 안테나보다 단축됨을 알 수 있다.



(a)



(b)

그림 2. 지그재그 개수 변화에 따른 공진특성
(a) 0.5λ, (b) 1.0λ

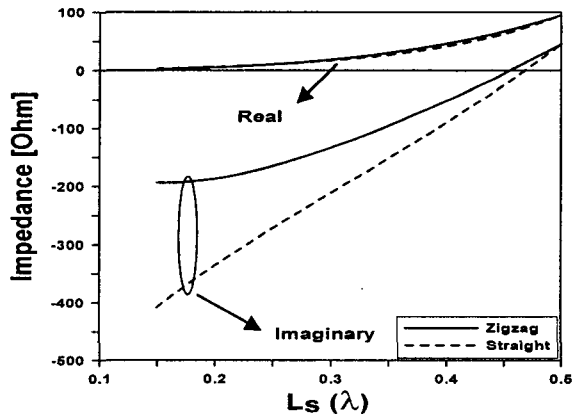


그림 3. 지그재그(N=8)와 직선형 안테나의 공진특성

III. 집적형 안테나 설계

선형 집적 안테나로부터 라인을 구부려 지그재그형 안테나로 구현한 기본 구조를 그림 4에 보였다. 급전선은 마이크로스트립 선로에 직접 연결된 구조를 가지며, 양방향 지향성을 가지도록 기판 유전체를 사이에 두고 두 개의 pole이 유전체 높이 만큼 떨어진 구조를 갖는다. 기판 뒷면에 인쇄된 pole은 마이크로스트립 접지면에 직접 연결되도록 하였다. 그림 4에 고려해야 할 안테나 설계변수를 동시에 보였다. 즉 설계변수로서는 라인폭(W), 피치각(α), 높이(H), 지그재그 개수(N), 앞면과 뒷면 급전부 간격(g)으로 들 수 있다. 여기서 급전부의 간소화를 위해 50 Ω의 입력임피던스를 갖도록 설계하였으며, 그 결과 50 Ω 마이크로스트립 선로폭과 같은 안테나 라인폭 W를 설정하고, 다른 설계변수들을 도출할 수 있었다.

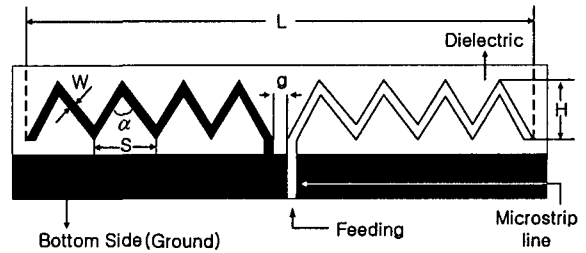


그림 4. 집적형 지그재그 안테나 기본구조

FR-4($\epsilon_r = 4.8$, $h=1\text{mm}$)기판을 사용하고, 주파수 $f=2.45\text{ GHz}$ 에서 $W=0.9\text{ mm}$, $S=2.16\text{ mm}$, $H=6.5\text{ mm}$, $N=7$ 개, $g=0.8\text{ mm}$, $L=34.64\text{ mm}$ 일 때의 특성을 그림 5에서 이점점선으로 보였다. 이 그림으로부터 공진특성의 개선이 필요함을 알 수 있으며, 이를 위해 기판 앞, 뒷면에 기생소자 역할을 하는 라인을 부가시켰고, 공진 특성을 점선으로 나타내었으며, 안테나상의 불연속부 문제를 제거하기 위해 chamfer를 가하였다(그림 8, 그림 10 참조). 그 결과 그림 5의 실선에서 보듯이 chamfer와 기생소자를 부가했을 때 공진 특성이 크게 개선됨을 볼 수 있다. 따라서 chamfer와 기생소자의 부가로 인해 분포된 L, C공진회로를 형성하므로써 길이 L의 단축에 대한 보상이 이루어짐을 알 수 있다. 이 때 총 길이는 $L=40.3\text{ mm}$ 이며, 선형 다이폴안테나 길이에 비해 약 15% 개선됨을 확인할 수 있었다. 그 설계 패턴은 다음 절에서 보인다. 그림 6은 그림 5의 실선에 해당되는 안테나의 입력임피던스를 보인 그림이며 2.45 GHz에서 50 Ω에 정합됨을 볼 수 있다.

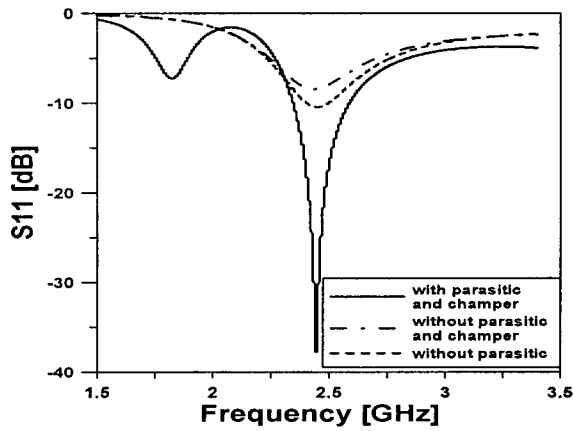


그림 5. 계산된 공진특성

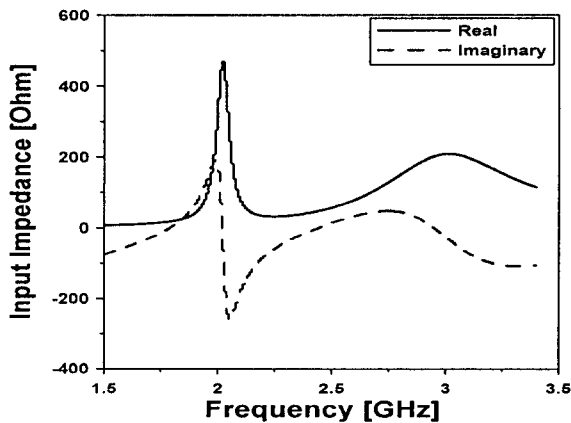


그림 6. 2.45 GHz 안테나(그림 10)의 입력 임피던스

또한 안테나의 피치 개수를 줄이면 공진특성이 조금의 차이는 있지만 다른 설계변수를 변화시켜서 주파수 $f=2.45$ GHz에 공진이 일어나도록 설계가 가능함을 알 수 있다. 즉, 그림 7에 피치의 개수에 따른 공진특성을 나타내었다.

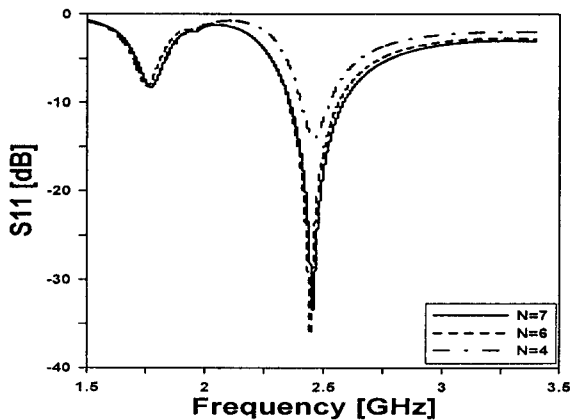


그림 7. 피치 개수에 따른 공진특성

이 때 피치의 개수(N)가 7개인 경우 $W=0.9$ mm, $S=1.8$ mm, $H=5.5$ mm, $g=0.8$ mm, $L=40.4$ mm이고, 6개의 경우 $W=0.9$ mm, $S=2.24$ mm, $H=5.5$ mm, $g=0.8$ mm, $L=40.28$ mm 4개의 경우는 $W=0.9$ mm, $S=4.026$ mm, $H=5.5$ mm, $g=0.8$ mm, $L=40.28$ mm를 갖는다.

IV. 제작 및 실험 결과

그림 8은 5.8 GHz대와 900 MHz대에서 설계한 도체 패턴 앞면을 보인 그림이며 계산된 성능 결과를 그림 9에 보였다. 이 그림들로부터 설계 주파수가 증가함에 따라 피치 갯수 N이 감소하며 길어도 줄어들음을 알 수 있으며, 900 MHz대에서는 길이가 증가하지만 그 형태를 그림 8(b)와 같이 꺾어 배치 하므로서 소형 태그형으로 적합한 구조를 갖도록 할 수 있음을 알 수 있다. 그림 9(b)로부터 약 600 MHz에서 비교적 큰 공진이 발생하지만 이는 라인 불연속부를 적절히 처리하므로서 최소화시킬 수 있다. 5.8 GHz에서 설계한 안테나는 $W=0.9$ mm, $S=0.98$ mm, $H=4.5$ mm, $N=4$ 개, $g=0.6$ mm이며, 900 MHz의 경우는 $W=0.9$ mm, $S=7.5$ mm, $N=8$ 개, $H=6.5$ mm, $g=0.8$ mm를 갖는다.

본 논문에서 설계한 안테나 중 2.45 GHz대 안테나 도체 패턴을 그림 10에 나타내었다. 제작을 위해 기판은 두께가 1 mm이고 비유전율이 4.8인 FR-4기판을 사용하였다.

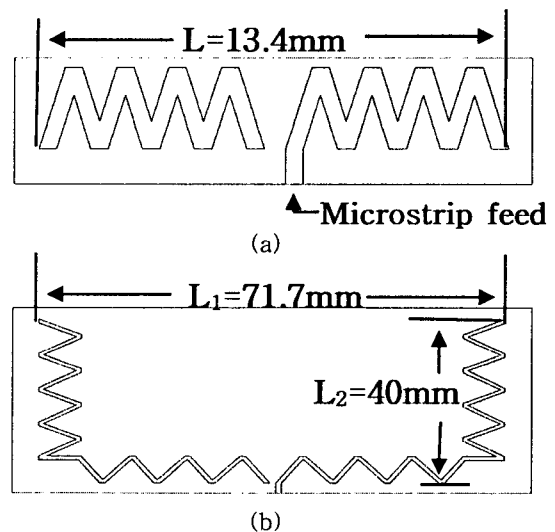
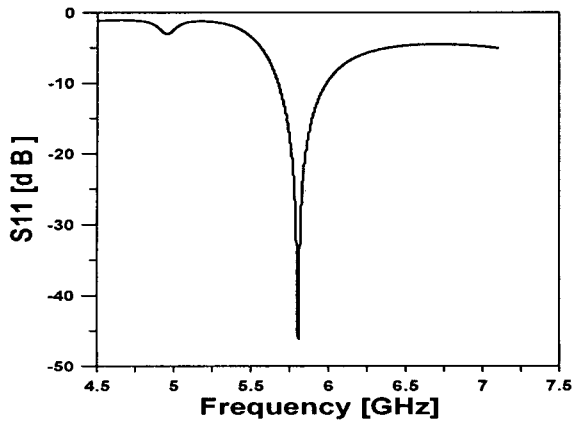
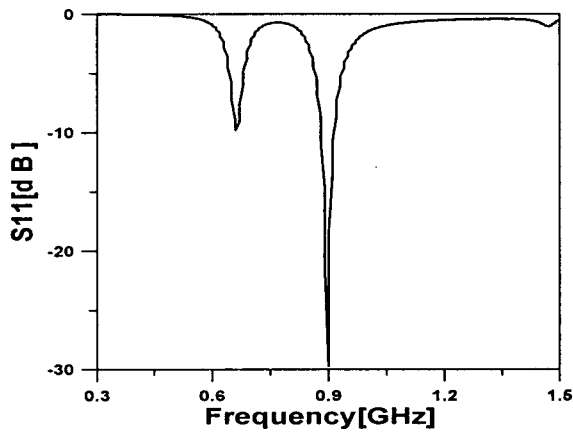


그림 8. 설계된 안테나 앞면

(a) 5.8GHz, (b) 900MHz

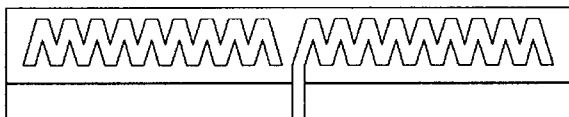


(a)



(b)

그림 9. 계산된 공진 특성 (a) 5.8GHz, (b) 900MHz



(a) 앞면



(b) 뒷면

그림10. 설계된 안테나 앞, 뒷면 패턴

안테나의 총 길이 L 은 40.3 mm이고 $H= 6.5$ mm, $W= 0.9$ mm, $S= 1.2$ mm, $N= 9$ 개, $g= 0.8$ mm이며, 측정결과 반사 손실은 -42.884 dB로 측정되었으며 그림 11로부터 정확한 공진이 이루어짐을 알 수 있다.

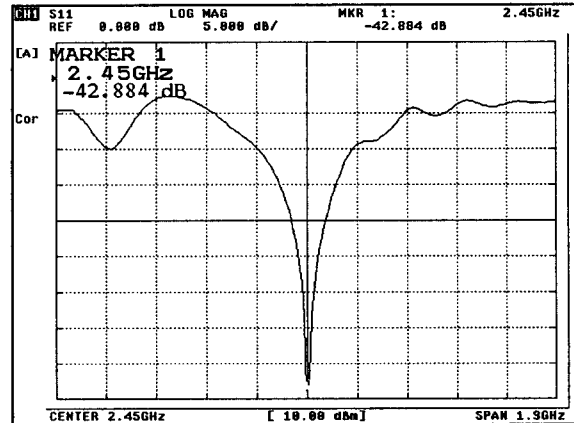


그림 11. 안테나의 측정된 공진특성

V. 결론

본 연구에서는 와이어형 지그재그 안테나의 성능을 분석하고, 길이 단축효과를 고려하여 집적형 지그재그 안테나를 설계하였다. 기존의 와이어형 지그재그 안테나를 집적화시킬 수 있음을 보임으로써 휴대가 용이한 크기를 가지고 간소한 급전부를 가지는 장점을 가짐을 확인할 수 있었다. 이 때 집적화에 따른 불연속부를 보상하기 위하여 라인형 기생소자를 부착시켰다. 900 MHz대역 및 ISM대역에서 약 -30~-40 dB이하의 반사손실을 갖는 공진특성을 구현할 수 있었으며 특히 RFID 수신 카드용으로 적합한 구조가 됨을 보였다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부 지정 대구대학교 RIS사업단의 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

- [1] H. Nakano, et. al., "Shortening ratios of modified dipole antennas," *IEEE Trans. Antennas and Propagat.*, vol. AP-32, no. 4, pp. 385-386, April 1984.
- [2] T. Ohta, H. Nakano, and M. Tokuda, "Compact microwave remote recognition system with newly developed SSB modulation," *IEEE MTT-S Symp. Dig.*, pp. 957-960, 1990.
- [3] S. S.Garcia and J. J. Laurin, "Study of a

- CPW inductively coupled slot antenna," *IEEE Trans. Antennas and Propagat.*, vol. AP-47, no. 1, pp.58-64, Jan. 1999.
- [4] T. M. Weller, L. P. B. Ketehi and G. M. Rebeiz, "Simple and double folded-slot antennas on semi-infinite substrates," *IEEE Trans. Antennas and Propagat.*, vol. 43, no. 12, pp. 1423-1428, Dec. 1995.
- [5] K. F. Lee and W. Cheu, *Microstrip and printed antennas*. John Wiley & Sons. INC. 1997.

M E M O