

http://dx.doi.org/10.7236/IIBC.2014.14.5.249

IIBC 2014-5-35

스케일링 기법을 이용한 포물선 엣지 형태의 평면형 모노폴 안테나의 소형화

Miniaturization of Planar Monopole Antenna with Parabolic Edge by Scaling Method

장대순*, 강상원**

Tae-Soon Chang*, Sang-Won Kang**

요 약 본 논문에서는 포물선 엣지 형태의 평면 모노폴 안테나의 스케일링 기법을 통한 소형화를 제안하였다. 매칭 스텝과 불연속 CPW 구조를 사용해서 효과적인 임피던스 매칭을 시도하였다. 안테나 제작 시 유전상수가 4.4인 FR4 유전체 기판을 사용하였다. 기판의 규격은 26mm×31mm×1.6mm이다. 불연속 CPW로 급전한 안테나의 실제 측정 결과 2.37~10.52GHz (8.15GHz)로 10dB 이상의 반사손실 값을 얻었다. 복사패턴은 모든 주파수에서 다이폴 안테나의 복사 패턴과 비슷한 결과를 보였다. 더불어 급전부를 제외한 안테나 구성 요소를 동일한 비율로 축소하여 안테나의 크기를 줄이고 광대역 특성은 유지되도록 했다. 이를 통해 안테나의 self-complementary 특성을 확인하였다. 스케일링을 통해 소형화한 안테나 중에 UWB 대역을 만족하면서 가장 작은 크기를 갖는 경우는 스케일이 0.6이었을 때이다. 이 때 안테나의 크기는 15.6mm×18.6mm이다. 측정된 10dB 대역은 3.07~12.59GHz (9.52GHz)이다.

Abstract In this paper, minimizing of a parabolic edge planar monopole antenna by scaling method is presented. With the aid of a matching step and discontinuous CPW, the antenna easily adjusts the impedance matching. We used an FR4 dielectric substrate with a dielectric constant of 4.4. The dimensions of the antenna are 26mm×31mm×1.6mm. A return loss value of more than 10dB was found in the 2.37GHz to 10.52GHz (8.15GHz) range of the antenna fed by the discontinuous CPW. The radiation pattern is about the same as that of the dipole antenna at all frequencies. Configuration elements of the antenna except feed part were reduced into the same rate. So, the size of the antenna was decreased and a broadband property was maintained. Therefore, the self-complementary characteristic of the antenna was confirmed. While satisfying the UWB band, having the smallest size in the antenna miniaturized by scaling, when scale was 0.6. The dimensions of the antenna are 15.6mm×18.6mm×1.6mm. The return loss was more than 10 dB of the measured result in the range of 3.07GHz to 12.59GHz (9.52GHz).

Key Words : Monopole antenna, Discontinuous CPW, Scaling method

1. 서 론

평면형 모노폴 안테나는 제작이 쉬우면서도 회로 내

에서도 집적화가 용이하며 광대역화할 수 있는 구조이다.^[1] 이미 [2]번 논문에서 포물선 엣지 구조를 갖는 모노폴 안테나를 제안하였는데 구조가 급격하게 변하지 않으

*정회원, 서울대학교 정보통신과 (교신저자)

**정회원, ㈜페스앤유 기술연구소

접수일자 : 2014년 7월 17일, 수정완료 : 2014년 9월 17일

게재확정일자 : 2014년 10월 10일

Received: 17 July, 2014 / Revised: 17 September, 2014

Accepted: 10 October, 2014

*Corresponding Author: jds6205@hanmail.net

Dept. of Information and Communication Engineering, Seoul University, Seoul, Korea

면서도 self-complementary 구조에 근접하도록 설계하였다.^[2] 기존 논문에서 동축케이블로 급전하던 것을 대역폭 확장을 위해 CPW로 급전방법을 변경하고, 더불어 불연속 구조를 이용하여 임피던스 매칭을 시도하였다.^{[3]-[6]} 또한, 기본 안테나가 self-complementary 구조에 가깝고, 길이보다는 각을 강조한 구조이기 때문에 안테나의 구조에 대해 스케일 변화를 주어 안테나의 대역을 쉽게 변경했다. 다양한 비율로 안테나의 스케일을 바꾸면서 시뮬레이션과 측정 결과를 비교하였다.

II. 불연속 CPW 급전

급전부에서 동축 케이블 대신 CPW 급전을 시도했다. 기본적인 CPW에 특성 임피던스가 서로 다른 두 종류의 전송 선로를 조합하여 불연속 CPW 구조를 만들어 임피던스 매칭을 유도했다. 스텝 형태의 불연속 CPW는 정상적인 CPW의 전자계를 섭동하고, 추가적인 리액티브 성분을 가져온다. 이 모노폴 안테나는 용량성 성분이 존재하기 때문에 이를 상쇄하기 위해 특성 임피던스가 큰 불연속 CPW 전송 선로를 배치한 것이다.

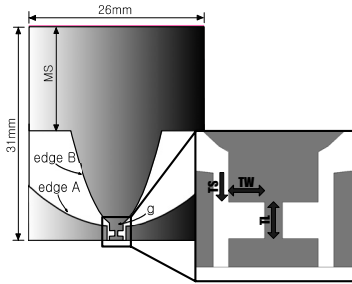


그림 1. 불연속 CPW 급전 구조
Fig. 1. Structure of discontinuous CPW feed

그림 1에서 불연속 CPW 급전 구조를 볼 수 있다. 전송선로의 가운데 신호선의 폭은 TW이며 그 길이가 변하면서 전송선로의 임피던스를 결정하게 된다. 그리고 전송선로의 길이는 TL, 전송선로의 위치를 TS로 정했다. 기존 논문대로 MS는 15mm, g는 0.2mm로 고정한 후 최적화한 결과 TW와 TL은 0.8mm, TS는 0.3mm로 정해졌다. 이 때 불연속 CPW의 특성 임피던스가 약 113.7Ω이며, 가장 안정적인 임피던스 매칭 결과를 보였다.

최적화된 안테나의 파라미터를 적용한 후 안테나를

제작하고 이를 측정했다. 그림 2에서 불연속 CPW로 급전한 안테나의 실물 사진을 볼 수 있다. 유전상수가 4.4이고 두께가 1.6mm인 FR4 유전체 기판을 사용하였다.

그림 3은 불연속 CPW로 급전한 안테나의 반사손실의 시뮬레이션과 측정 결과를 비교한 것이다. 시뮬레이션 결과 2.1~10.66GHz에서, 측정 결과 2.37~10.52GHz로 10dB 이하의 반사손실 값이 나타났다. UWB 대역보다는 약 8% 큰 대역폭을 얻었다.



그림 2. 불연속 CPW로 급전한 안테나의 실물 사진
Fig. 2. Photograph of fabricated antenna fed by discontinuous CPW

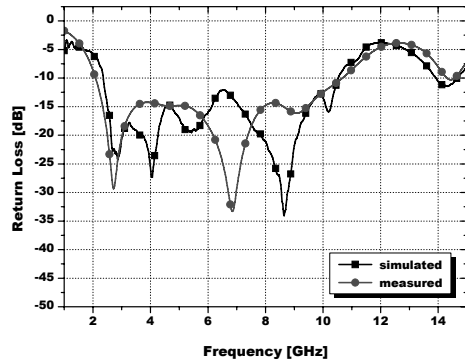


그림 3. 불연속 CPW로 급전한 안테나의 시뮬레이션과 측정 결과를 비교한 반사 손실

Fig. 3. Return loss compared simulated result with measured result of the antenna fed by discontinuous CPW

그림 4에서 그림 7까지 불연속 CPW로 급전한 안테나의 복사 패턴 시뮬레이션 결과와 측정 결과를 볼 수 있다. 3.5, 5.5, 7.5, 10.5GHz의 각 주파수 별로 E-plane과 H-plane에서의 복사패턴을 나타낸 것이다. 4개 주파수에서 모두 비슷한 복사 패턴 형태를 보이고 있으며, E-plane의 경우 90도와 270도에서 null이 생기고 다이폴 안테나의 복사패턴과 비슷한 결과를 보이고 있다. H-plane의 경우는 null이 발생하지 않고 무지향성 복사

패턴을 보이고 있다. 10.5GHz의 주파수에서는 복사패턴이 다소 차이를 보이고 있다. 측정 결과에서 E-plane의 경우 각 주파수에서 최대 이득은 각각 2.59, 5.27, 4.05, 2.42 dBi로 나타났으며, H-plane에서는 각각 -0.38, 0.69, 1.29, 4.87dBi로 나타났다.

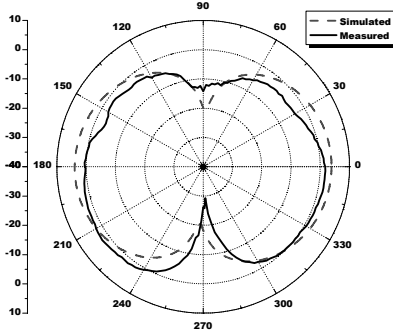


그림 4. 3.5GHz 복사패턴 (E-plane)
 Fig. 4. 3.5GHz radiation pattern (E-plane)

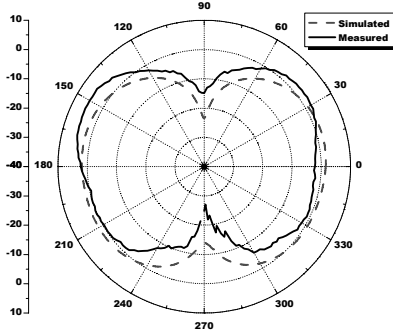


그림 5. 5.5GHz 복사패턴 (E-plane)
 Fig. 5. 5.5GHz radiation pattern (E-plane)

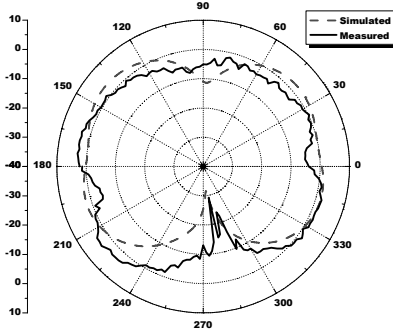


그림 6. 7.5GHz 복사패턴 (E-plane)
 Fig. 6. 7.5GHz radiation pattern (E-plane)

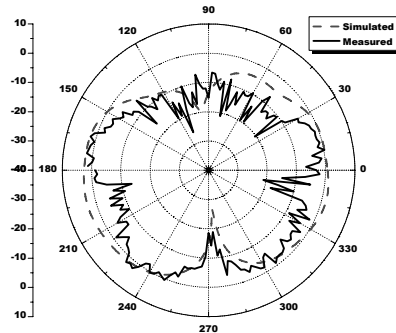


그림 7. 10.5GHz 복사패턴 (E-plane)
 Fig. 7. 10.5GHz radiation pattern (E-plane)

Ⅲ. 스케일링 기법을 이용한 안테나의 소형화

기존 안테나의 소형화를 위해서 안테나의 구성 요소를 동일한 비율로 스케일의 변화를 주어 안테나의 크기를 줄이고자 했다. 또한, 안테나의 크기를 바꾸면서도 안테나의 성능이 크게 변하지 않는 것을 확인하여 안테나의 self-complementary 특성에 대해 더 명확한 확인을 하고자 했다.^[7] 전체적인 안테나의 크기와 구조를 동일한 스케일로 변화시키고 기존의 크기와 비교하였다.

$$Y_A = a_A X_A^2 \quad (1)$$

$$Y_B = a_B X_B^2 + g \quad (2)$$

식 (1)과 (2)는 기본 안테나에 적용된 기본적인 포물선 식이다. 이 식에서 X, Y 변수 대신 스케일을 적용한 새로운 변수를 대입하고자 한다. 여기서 스케일은 n으로 정했다. 새로운 변수를 X', Y'으로 한다면 X'=nX, Y'=nY, g'=ng라고 할 수 있다. 이를 적용한 식 (3),(4)는 다음과 같다.

$$Y_A' = \frac{a_A}{n} X_A'^2 \quad (3)$$

$$Y_B' = \frac{a_B}{n} X_B'^2 + g' \quad (4)$$

표 1. 스케일에 따른 파라미터 변화

Table 1. Various parameter for various scale

스케일	a_B	a_A	a_B/a_A	g(mm)	MS (mm)	W (mm)	L(mm)
0.5	0.6	0.07	0.12	0.1	7.5	13	15.5
0.6	0.5	0.058	0.12	0.12	9	15.6	18.6
0.7	0.429	0.05	0.12	0.14	10.5	18.2	21.7
0.8	0.375	0.044	0.12	0.16	12	20.8	24.8
0.9	0.333	0.039	0.12	0.18	13.5	23.4	27.9
1	0.3	0.035	0.12	0.2	15	26	31

표 1에서는 스케일의 변화에 따른 포물선 표현식 이차항 계수의 변화를 보여주고 있다. 모노폴과 그라운드 엣지의 포물선 표현식 이차항 계수, 안테나 전체 크기, MS, g값이 스케일에 따라 일정한 비율로 변경된다. 하지만, 포물선 표현식 이차항 계수의 비인 a_B/a_A 는 스케일이 변하더라도 항상 값이 0.12를 유지하는 것을 볼 수 있다. 이를 통해서 모노폴 도체와 그 양 옆의 슬롯의 모양과 각의 크기가 서로 비슷하게 유지되는 것을 확인할 수 있다. 불연속 CPW 급전부는 이미 임피던스를 정했기 때문에 S와 W, 그리고 CPW의 중간 부분에 놓인 전송선로 부분의 크기는 동일하게 유지하였다. 스케일이 일정한 비율로 줄어들기 때문에 길이에 의한 영향이 클 수 있다. 하지만 안테나가 self-complementary 구조에 가깝기 때문에 전체적인 길이에 의한 영향보다는 모노폴과 그라운드 도체가 이루는 각에 대한 의존성이 더 클 것으로 예상하였다. 실제로 시뮬레이션과 실험을 통해서 이를 확인하였다.

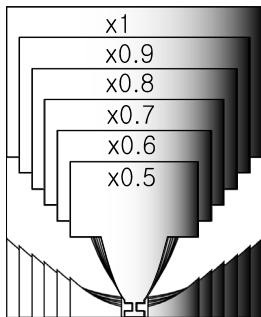


그림 8. 스케일의 변화에 따른 안테나 모양 비교
Fig. 8. Comparison of antenna pattern for various scale

안테나의 크기와 g, MS, 이차항 계수 등은 스케일에 따라 변화되지만, 불연속 CPW 급전부는 그 모양과 크기

를 고정한 것을 그림 8을 통해 확인할 수 있다.

스케일 변화를 통한 안테나의 특성을 시뮬레이션과 측정을 통해 확인하였다.

그림 9는 스케일의 변화에 따른 반사손실 결과이다. 스케일이 커지면서 10dB 대역이 시작되는 하한주파수는 작은 변화를 보였고 끝나는 상한주파수 부분은 현격한 차이를 보였다. 예를 들어 스케일이 1인 안테나와 스케일이 0.5인 안테나는 길이 상으로도 반으로 줄어 주파수의 변화도 그에 상응하는 결과가 예상되지만 실제로는 약간의 주파수 이동만 있었을 뿐 큰 변화가 일어나지 않았다. 따라서, 포물선 엣지 형태의 안테나에서 축소 모델에 대한 실효성을 분명히 확인할 수 있다. 첫 번째 공진폭의 이동보다 두 번째 공진폭의 오른쪽으로의 이동이 3배 이상임을 확인할 수 있다. 스케일이 작아지면서 오히려 전체적인 대역은 넓어지고 있다.

그림 10은 스케일링을 이용하여 소형화된 안테나의 실물 사진을 나타내었다. UWB 대역을 만족하면서 가장 소형인 안테나는 스케일이 0.6일 때이다. 시뮬레이션과 실험 결과를 그림 11에서 확인할 수 있다. 이 때 안테나의 크기는 15.6mm×18.6mm이다. 10dB 대역은 3.07~12.59GHz(9.52GHz)이다. 전반적으로 시뮬레이션 결과보다 약간 작은 대역폭을 얻었지만 유사하게 유지되는 것을 확인할 수 있었다. 하한 주파수의 이동보다 상한 주파수의 오른쪽으로의 이동이 큰 것을 확인 가능하였다.

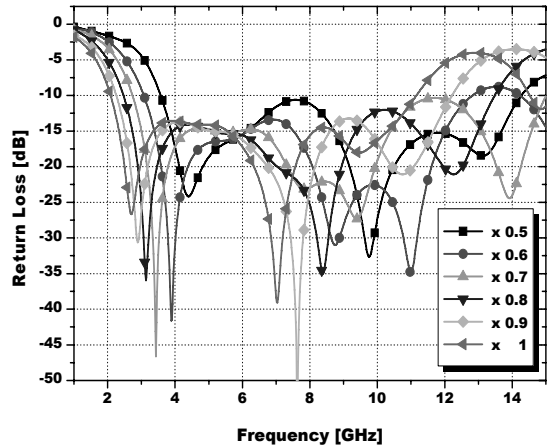


그림 9. 스케일의 변화에 따른 반사손실 (시뮬레이션 결과)
Fig. 9. Return loss for various scale (simulation result)

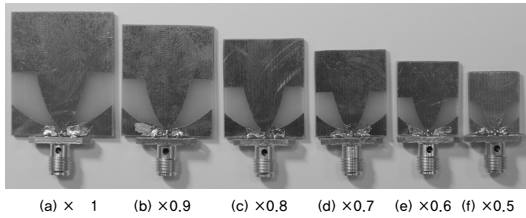


그림 10. 스케일링을 이용하여 소형화된 안테나의 실물 사진
 Fig. 10. Photograph of miniaturized antenna using scaling

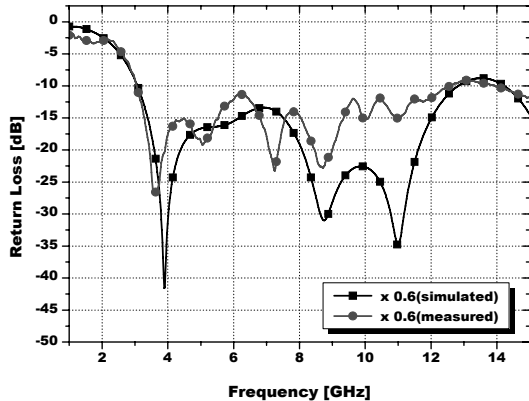


그림 11. 스케일이 0.6일 때의 반사손실
 Fig. 11. Return loss when scale is 0.6

IV. 결론

포물선 엣지 형태의 평면 모노폴 안테나에 불연속 CPW 구조를 적용해서 광대역 특성을 유도하였다. 불연속 CPW 구조를 통해서 효과적으로 임피던스 매칭이 가능함을 확인했다. 스케일링을 통한 안테나의 소형화가 가능하였다. 모든 요소를 동일한 비율로 스케일 변화를 주어 안테나의 크기를 줄이는 시도를 한 것이다. 스케일이 줄어들수록 모노폴과 그라운드 엣지의 포물선 표현식이 차항 계수가 스케일에 따라 일정한 비율로 커진 반면 안테나 전체 크기와 MS, g 는 스케일이 작아질수록 동일한 비율로 축소된다. 스케일이 변하더라도 불연속 CPW 급전부의 임피던스는 고정시켰다. 안테나가 self-complementary 구조에 가깝기 때문에 전체적인 길이에 의한 영향보다는 모노폴과 그라운드 도체가 이루는 각에 대한 의존성이 더 큼으로 안테나의 크기를 소형화하면서도 하단 주파수의 이동은 적고 전체적인 10dB 대

역은 넓어지는 결과를 얻었다. 따라서, 본 안테나가 self-complementary 구조에 가깝다는 것을 보여주고 있다. 기존 안테나의 전체 가로:세로 크기 26mm : 31mm를 기준으로 UWB 대역을 만족하면서 가장 소형인 안테나는 스케일이 0.6일 때이다. 이 때 안테나의 크기는 15.6mm×18.6mm이다. 10dB 대역은 3.07~12.59GHz(9.52GHz)이다.

References

- [1] Dong-Hyun Lee, Wee-Sang Park, "Analysis of a T-Shaped UWB Printed Monopole Antenna Using Surface Currents," The Journal of Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science, vol. 16, no. 9, pp. 883-892, Sep. 2005.
- [2] Chang, T.-S. and Hur, J. (2009), Parabolic edge planar monopole antenna. Microw. Opt. Technol. Lett., 51: 675 - 681
- [3] Ji-Whan Ko, In-Ho Shin, Young-Soon Lee, Young-Ki Cho, "Design of Wideband Small Antenna for UWB Communication," The Journal of Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science, vol. 16, no. 11, pp. 1086-1097, Nov. 2005.
- [4] Rainee N. Simons, Coplanar Waveguide Circuits, Components, And Systems, New York: Wiley, pp. 245-249, 2001.
- [5] Jun-ho Yeo, Jong-Ig Lee, "Log-Periodic Bow-tie Dipole Array(LPBD) Antenna for UWB Communications," Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society(JKAIS), Vol. 12, No. 9 pp. 4095-4100, 2011.
- [6] Chang-Yong Lee, Chang-Won Jung, "Band-Rejected UWB Antenna Using Unit Cells of FSS," Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society(JKAIS), Vol. 14, No. 7 pp. 3431-3436, 2013.
- [7] Jeong-Jin Kang, Jong-In Choi, Wan-Sik Kim, "A study on the Compensation of Characteristics for Antenna Miniaturization," The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and

Communication(JIIBC), Vol. 6, No. 3, pp. 41-46,
2006.

저자 소개

장 대 순(정회원)



- 2001년 2월 : 건국대학교 전자공학과 (공학사)
- 2003년 2월 : 건국대학교 전자공학과 (공학석사)
- 2009년 2월 : 건국대학교 전자공학과 (공학박사)
- 2009년 2월 ~ 2011년 11월 : (주) 유니스트림 근무

• 2012년 3월 ~ 현재 : 서일대학교 정보통신과 강의교수
<주 관심분야 : 안테나 설계, 무선전력전송 등>

강 상 원(정회원)



- 2003년 : 건국대학교 전자정보통신과 (공학석사)
- 2013년 : 건국대학교 전자정보통신과 (공학박사)
- 현 재 : (주)페스앤유 연구소장
<주 관심분야 : 안테나 및 RF 부품>