

다른 형태를 가진 2소자 프린트 안테나의 방사특성에 관한 연구 A Study of the Radiation Characteristics of Novel Printed Antenna Composed of Dual Elements with Different Shape

이 채 봉* · 김 정 현**

Chai-Bong Lee and Jung-Hyun Kim

요약

길이가 서로 다른 평행선로에 전류가 흐르는 경우, 커먼모드 전류(Common mode current)에 의한 전자파의 방사가 일어난다. 이러한 방사 원리를 이용하여 경량, 소형의 길이가 다른 2소자 선형 안테나가 제안되어 있다. 그러나 이 안테나의 경우 선으로 결합된 구조를 가지기 때문에 제작에 있어서 많은 제약이 따른다. 본 논문에서는 선형 안테나의 단점을 개선하고, 제작과 설계가 용이한 평면 기판에 길이가 다른 2소자 평면 안테나를 설계하고, 광대역(UWB: Ultra Wide Band)의 특성을 가지는 안테나를 설계하였다. 그리고 안테나 소자에 삼각형 패치 S, 노치, 테이퍼를 설계함으로써 방사특성은 다이 폴 안테나와 비슷하나 보다 넓은 대역에서 동작하는 안테나를 제작 할 수 있었다. 그 결과 비대역(VSWR \leq 2)이 약 58%가 되었다.

Abstract

When the current flows to parallel lines with different length, it is researched that the radiation is occurred by the common-mode current radiates, and the small light weight antenna composed of dual elements by using the principle is proposed. However, there is a problem in production about this antenna because this liner antenna is structured by combining with wires. In this paper, we improved this liner antenna, and designed the plane antenna composed of dual elements with different length in the plane printed board to produce and to design easily. Furthermore, the antenna with the wide-band characteristic is also designed in the same board. The radiation pattern is similar to the dipole antenna on account of designing the triangular patch S, the notch and two tapers in patch S, the notch and two tapers in the antenna element. In result, it was able to design the antenna working wider band-width(the bandwidth ratio about 58%, VSWR \leq 2).

Keywords : Common-mode current, Liner antenna, Triangular patch S, Notch, Tapers, Bandwidth ratioC, Filter-X LMS, Filtered-U LMS, Full-Feedback Filtered-U LMS, DSP

I. 서론

최근, 모바일 통신과 초 광대역 안테나(UWB)로 경량, 소형, 박형의 안테나가 요구되고 있다. 초 광대역 안테나의 특성은 안테나의 동작 주파수 대역이 1GHz~10GHz의 범위 내에서 동작 주파수 대역폭이 500MHz 이상이다. 이 광대역 안테나의 특성을 가진 길이가 다른 2소자 선형 안테나는 선로의 길이가 다를 경우, 커먼모드(Common mode

current)에 의한 방사가 일어나는 것을 응용하는 것으로 제안하고 있다[1, 2]. 그러나, 이 안테나의 경우 선으로 결합된 구조를 가지는 단점 때문에 제작에 용이한 평면 프린트 안테나를 이용하여 설계 제작하였다. 평면 프린트 안테나는 가볍고, 간단한 구조, 설계의 용이성 등 여러 장점을 가진다. 이에 본 논문에서는 길이가 다른 2소자 선형안테나를 평면 안테나로 제작하고, 보다 넓은 주파수 대역에서 동작하도록 안테나 소자의 구조를 개선하는 방법을 제안하였다. 그리고 안테나의 특성은 입력 임피던스, VSWR, 방사패턴을 측정하였다.

* 동서대학교 정보시스템공학부

**일본 아끼다 현립대학 대학원

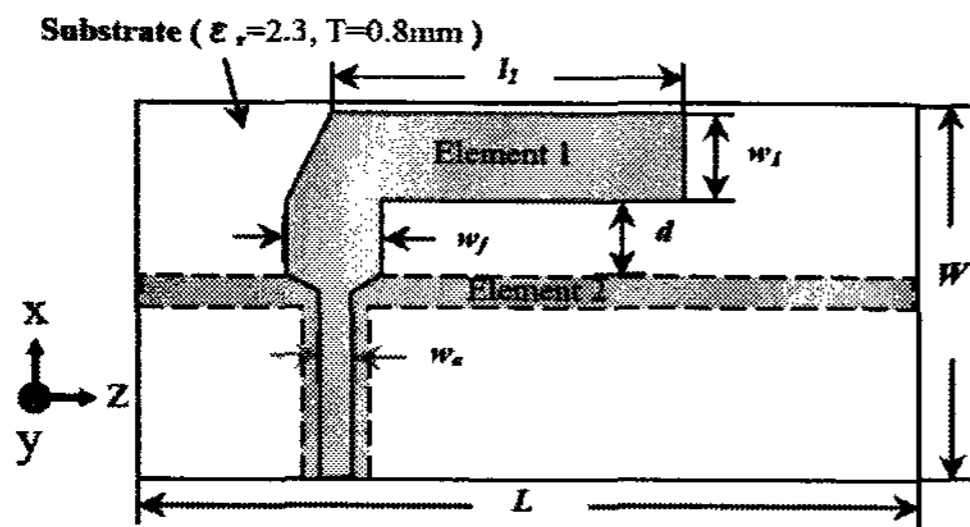
논문 번호 : 2008-1-8

접수 일자 : 2008. 2. 28

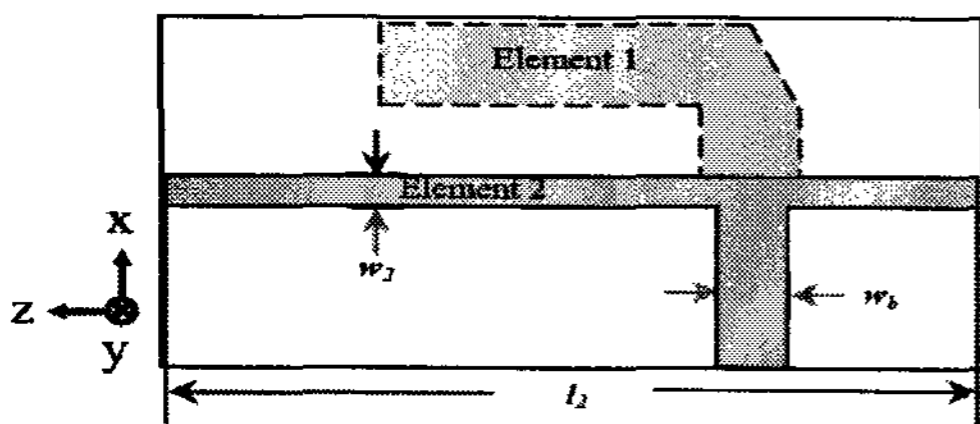
심사 완료 : 2008. 4. 8

II. 기본 안테나의 구조

그림 1에 다른 형태를 가지는 2소자 프린트 안테나의 기본 구조를 나타내었다[3]. 제작한 평면 안테나의 전면 소자는 짧고 폭이 넓게, 다른 면의 소자는 전면 소자보다 길게 설계하였다. 이 안테나의 동작 주파수 대역폭 비 (VSWR<2)는 45%로 나타났다[4~6].



(a) 전면
(a) front side



(b) 뒷면
(b) back side

그림 1. 기본 안테나의 구조
Fig. 1. Structure of fundamental antenna

전면($\epsilon_r=2.3$, $T=0.8\text{mm}$, $L=106\text{mm}$, $W=54.4\text{mm}$)에 소자 1 ($l_1=39\text{mm}$, $w_1=10\text{mm}$)을 배치하고, 그라운드 면에 소자 2 ($l_2=104.8\text{mm}$, $w_2=4\text{mm}$)를 배치하였다. 소자 1과 소자 2는 평행하게 설계하였고, 소자간 간격을 d , 폭을 w_f 라 두었다. 전면의 마이크로 스트립 선로의 폭은 $w_a=2.4\text{mm}$, 그라운드 면의 스트립 선로의 폭은 $w_b=7\text{mm}$ 이다.

III. 방사특성의 측정

안테나 소자의 배치에 따른 방사특성을 조사하기 위해 입력 임피던스, VSWR 그리고 방사패턴을 측정하였다. VSWR과 입력 임피던스는 네트워크 아날라이저(HP8720D)를 사용하여 측정하였다. 방사패턴은 전파무향실(Anechoic

chamber, size : $10\text{m(L)}\times 6\text{m(H)}\times 5\text{m(W)}$, 秋田縣立大)에서 측정하였다. 동작 주파수 대역폭 비를 구하는 방정식을 식 (1)에 나타내었다.

$$k = (f_u - f_l) / f_o \quad (1)$$

식 (1)에서 VSWR이 2 이하인 최고 주파수를 f_u , 최저 주파수를 f_l , f_o 는 중심 주파수를 나타낸다.

3.1 안테나에 삼각형 패치 S의 부가

그림 2에서는 삼각형 패치 S가 부가된 구조를 나타내고 있다. 그림 2의 안테나는 동작 주파수 대역을 넓히기 위해 그라운드 면의 소자 2에 삼각형 패치 S를 부가한 구조를 하고 있다. 삼각형 패치 S의 영향을 나타내기 위해 안테나의 입력 임피던스를 측정하였다. 삼각형 패치 S는 길이 l_s , $=52.0\text{mm}$ 와 폭 $w_s=12.0\text{mm}$ 로 하였다. 입력 임피던스 주파수 특성의 결과를 그림 3에 나타내었다.

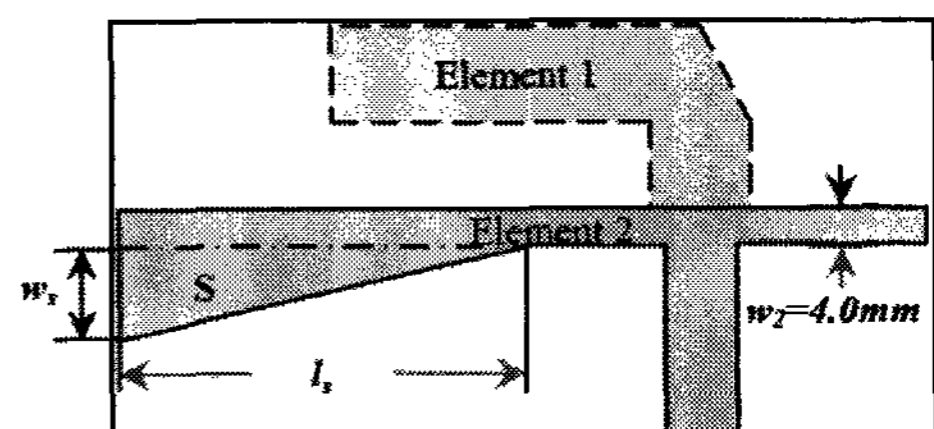


그림 2. 삼각형 패치 S가 부가된 구조
Fig. 2. Structure of added patch S

그림 3에서는 그림 1의 기본 모델과 삼각형 패치 S를 부가하였을 경우, 두 가지에 대해서 비교 분석하였다. 그림 3에서 임피던스의 실수부는 약 $1.2\text{GHz}\sim 1.8\text{GHz}$ 에서 50Ω 에 근접하고 있다. 그리고 삼각형 패치 S가 부가된 모델이 기본 모델보다 조금 넓은 범위에서 평평한 것을 알 수 있다.

임피던스의 허수부에서 두 모델의 임피던스 값은 거의 비슷하였다. 이 안테나의 VSWR을 그림 4에 나타내었으며 그림과 같이 VSWR은 2이하인 주파수 대역을 검토하였다. 기본 모델의 경우 주파수 대역폭 비는 약 45%이고, 삼각형 패치 S를 부가한 경우는 약 5%가 증가한 50%의 대역폭 비를 나타내었다. 그러므로, 삼각형 패치 S를 그라운드의 소자 2에 부가함으로써 주파수 대역폭을 넓힐 수가 있었다.

삼각형 패치 S를 부가한 경우의 안테나 방사패턴은 이 안테나의 중심 주파수인 1.52GHz 에서 측정하였다. 그림 5의 (a)과 (b)에 xz 면과 xy 면의 방사패턴을 나타내었다.

그림 5의 xz -plane의 방사패턴은 반 파장 다이폴 안테나와 비슷하며, 교차편파는 주 편파보다 작았다. xy -plane에서 주 편파는 전 방사를 하며, $\theta=135^\circ\sim 225^\circ$ 의 구간에서는 교차편파가 커지는 것을 알 수 있다. 그 이유는 불필요한

방사의 영향과 마이크로 스트립 선과 접속된 급전선, 소자의 불연속으로 인해 발생하고 있다[6].

3.2 안테나에 노치(notch)와 테이퍼(taper)의 부가

그림 6에서는 노치와 테이퍼를 부가한 모델의 구조를 나타내었다. 마이크로 스트립선로의 부정합을 줄이기 위해

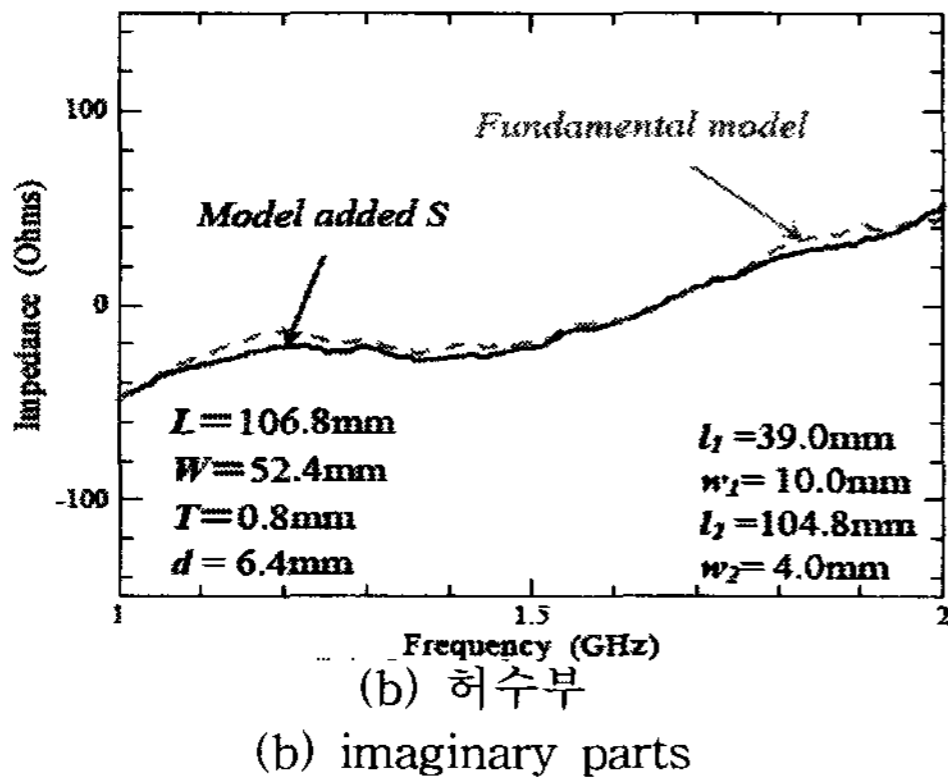
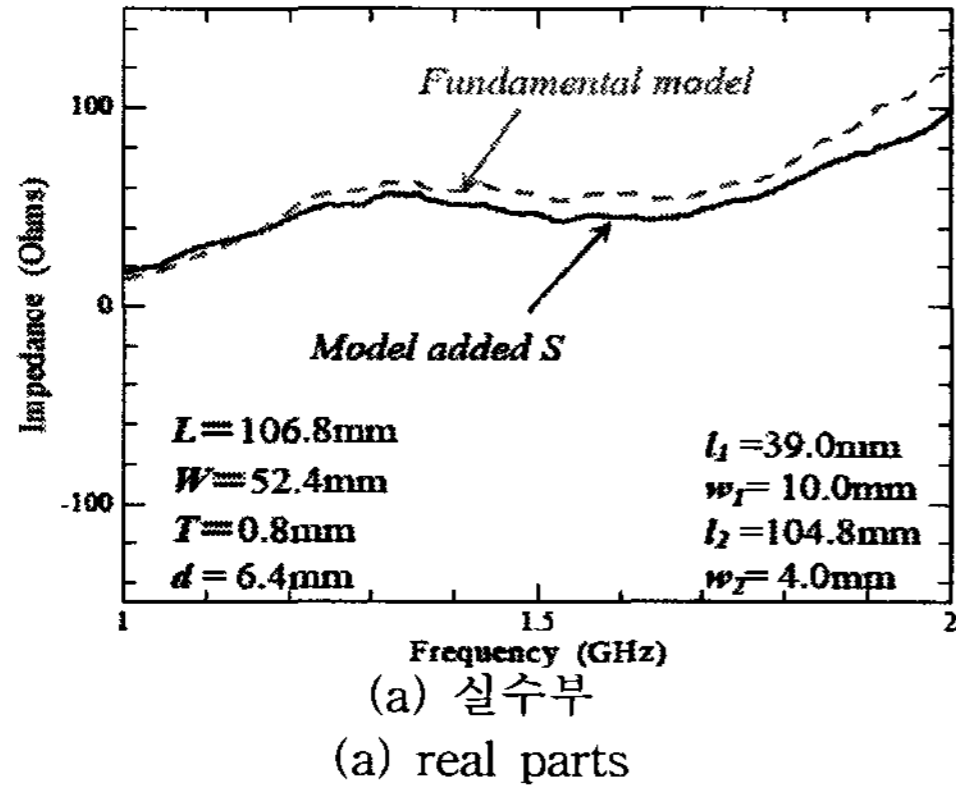


그림 3. 기본 모델에 삼각형 패치 S를 부가한 모델의 비교
Fig. 3. Comparison of input impedance to added patch S and original model

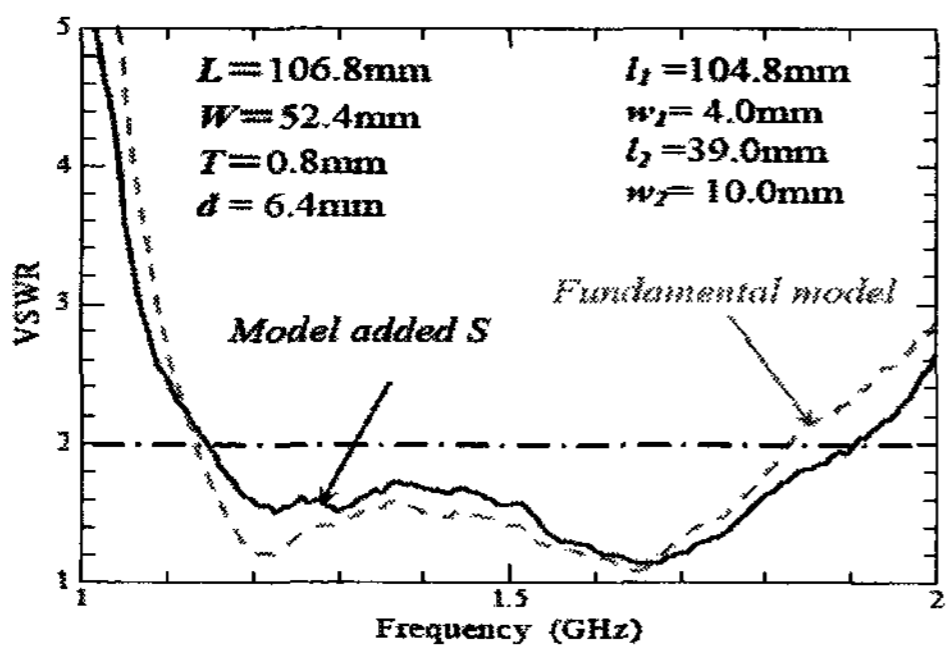


그림 4. 삼각형 패치 S의 부가에 따른 VSWR의 변화
Fig. 4. Comparison of VSWR to added patch S and original model

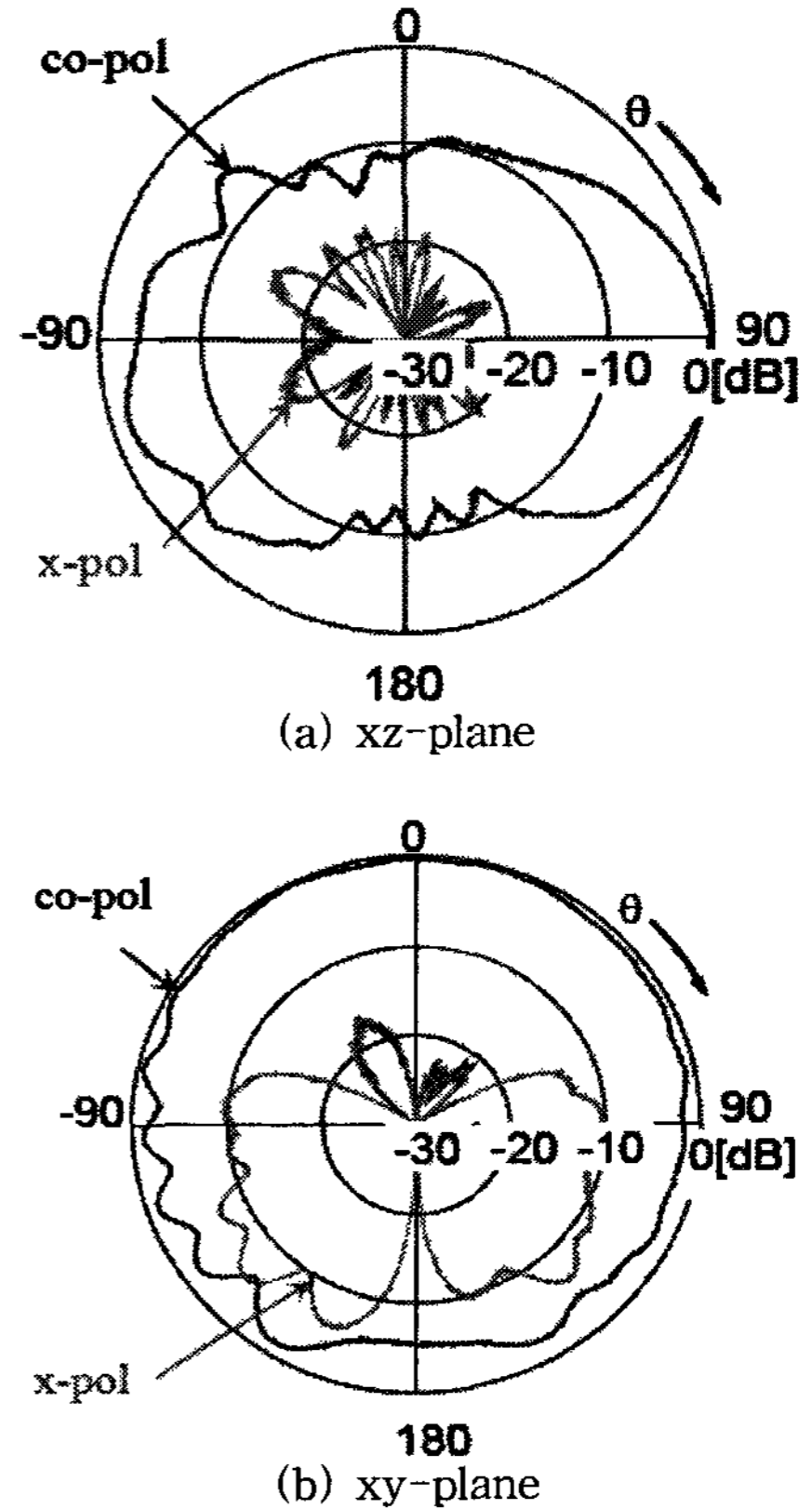
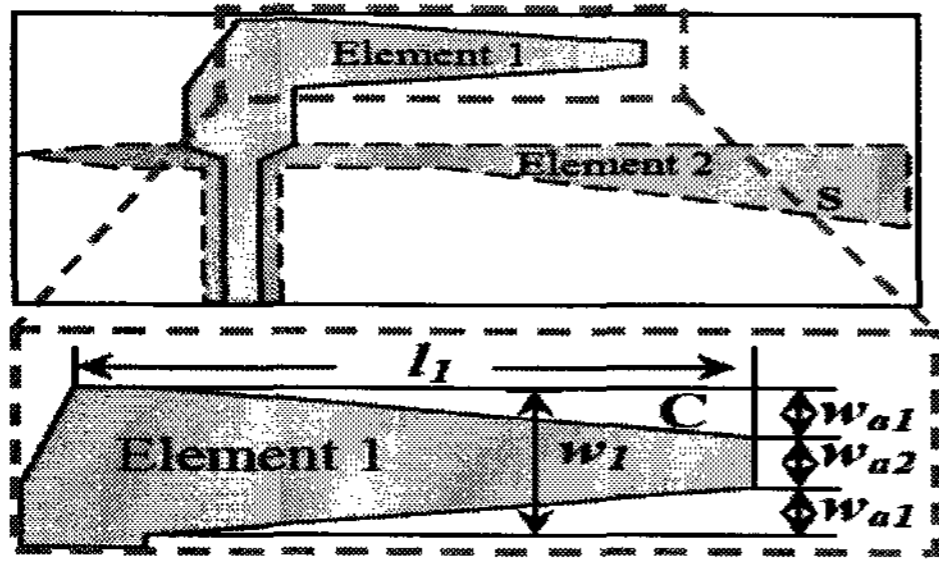


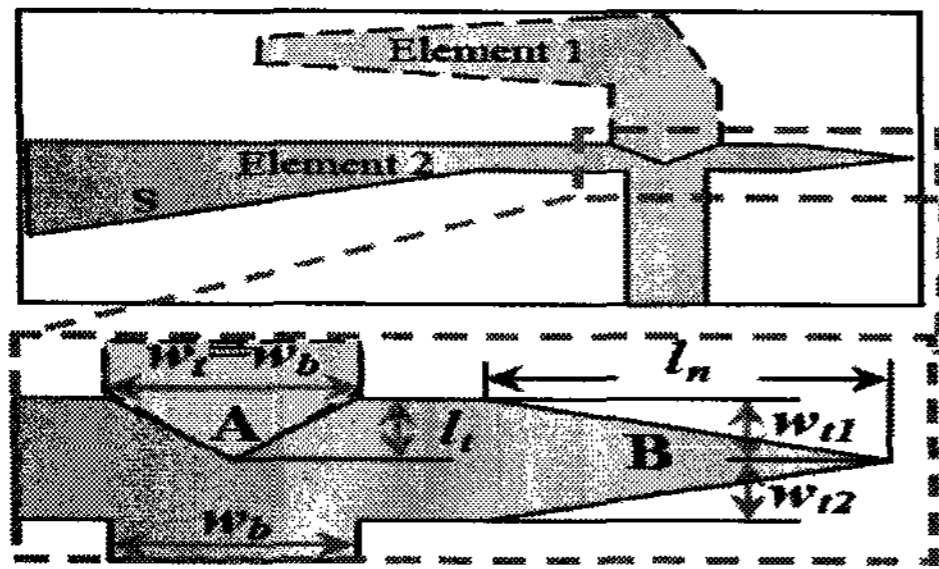
그림 5. 삼각형 패치 S를 부가한 안테나의 방사패턴
Fig. 5. Radiation pattern of model added S

그라운드 면의 소자 2에 노치 A를 설계하였다[5]. 그리고 삼각 패치 S가 부가된 소자 2의 반대쪽 부분에 테이퍼 B와 전면 소자 1에 테이퍼 C를 각각 설계하였다. 그림 6(b)에서 노치 A는 폭 $w_t=w_b=7\text{mm}$ 이며, 길이 $l_t=0.7\text{mm}$ 이다. 그림 6(a)에서 테이퍼 C는 상하 같은 폭 $w_{a1}=4.0\text{mm}$, 중심 폭 $w_{a2}=4.0\text{mm}$ 이고, 길이는 $l_1=39.0\text{mm}$ 이다. 그림 6(b)에서 테이퍼 B는 윗 폭 $w_{t1}=2.0\text{mm}$, 아래 폭 $w_{t2}=2.0\text{mm}$ 와 길이는 $l_n=14.2\text{mm}$ 의 구조를 가진다.

노치와 테이퍼를 부가한 안테나의 입력 임피던스의 실수부와 허수부를 측정하였으며 그 결과를 그림 7(a), (b)에 나타내었다. 실선으로 나타낸 결과는 노치와 테이퍼를 부가한 안테나의 입력 임피던스, 점선으로 된 결과는 삼각형 패치 S의 입력 임피던스를 나타내며, 두 결과를 비교하였다. 그림 7(a)에서 노치와 테이퍼를 부가한 입력 임피던스는 약 2.1GHz까지 임피던스 값이 50Ω에 근접하고 있다. 그러나 약 1.4GHz 부근에서는 임피던스 값이 커짐을 알 수 있다. 결과적으로 1.5GHz~2.1GHz에서 입력 임피던스의 실수부는 50Ω에 근접함을 알 수 있다. 그림 7(b)에서 노치와 테이퍼를 부가한 안테나의 임피던스 증가량이 삼각형 패치 S만을 부가한 임피던스 증가량보다 작았다.

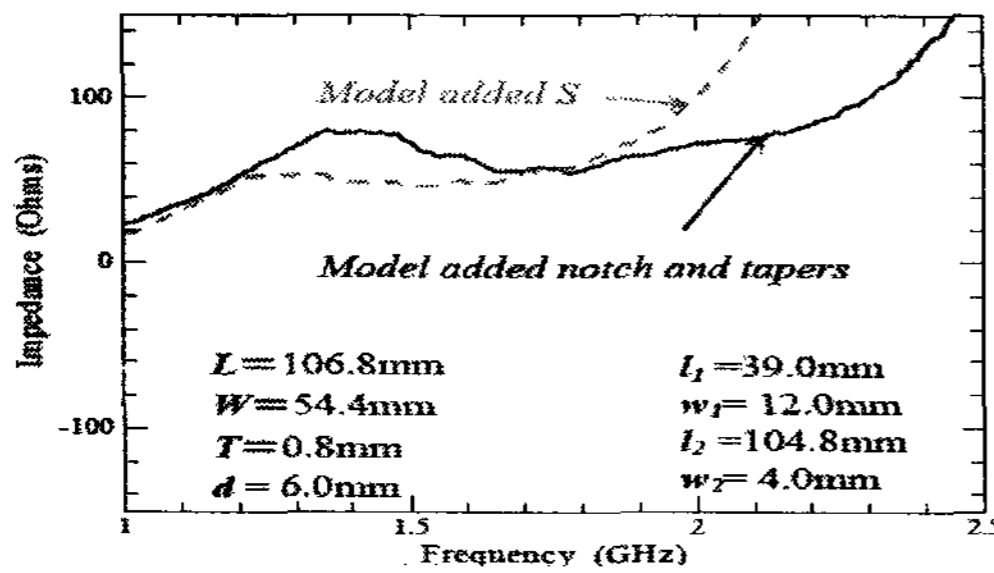


(a) 전면
(a) front side

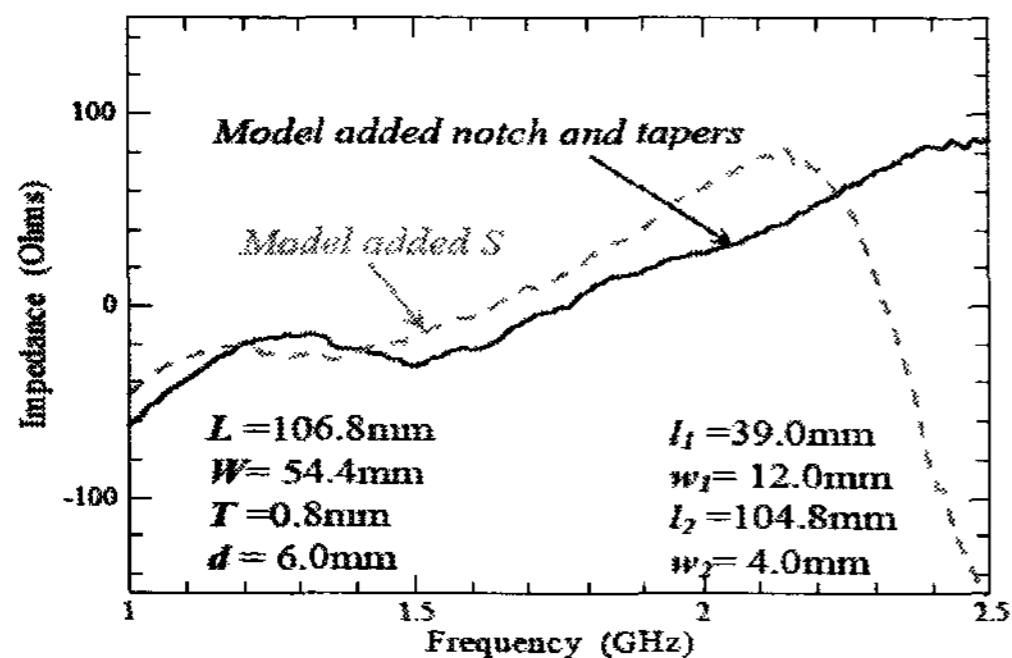


(b) 뒷면
(b) back side

그림 6. 노치와 테이퍼를 부가한 안테나의 구조
Fig. 6. Structure of added notch and tapers



(a) 실수부
(a) real parts



(b) 허수부
(b) imaginary parts

그림 7. 노치와 테이퍼를 부가한 안테나와 삼각형 패치 S를 부가한 모델의 임피던스 값 비교

Fig. 7. Comparison of input impedance between model added notch and tapers and added model S

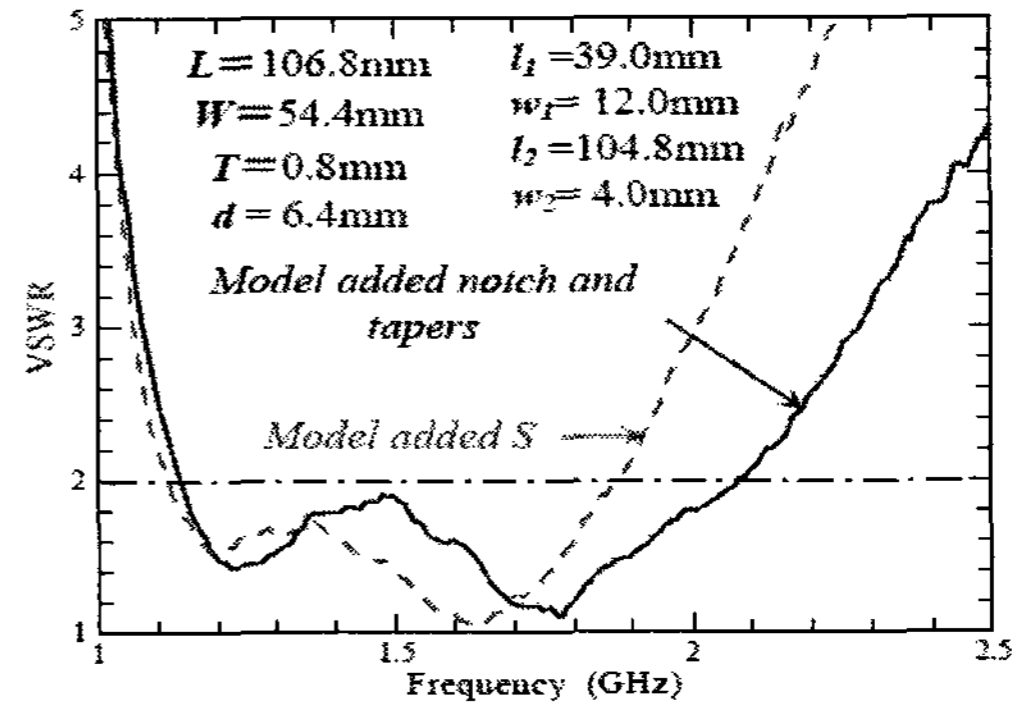
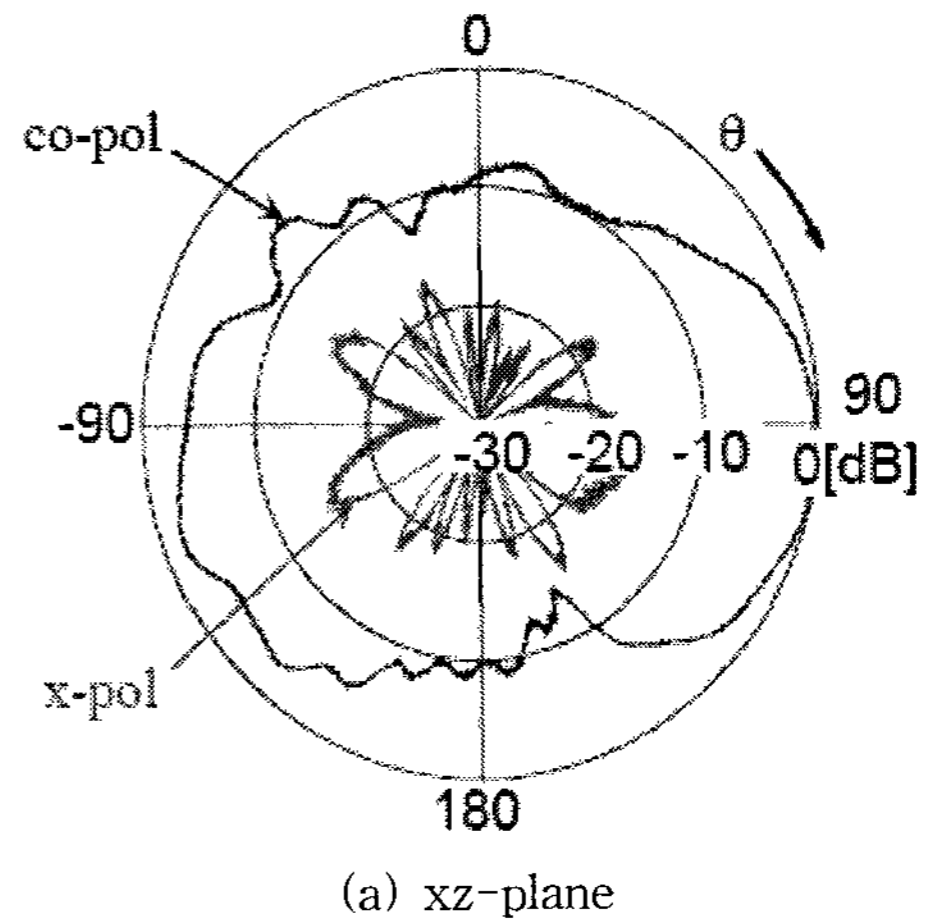


그림 8. 노치와 테이퍼를 부가한 안테나와 삼각형 패치 S를 부가한 모델의 VSWR 비교

Fig. 8. Comparison of VSWR between model added notch and tapers and added model S

입력 임피던스를 그림 7과 같은 조건으로 VSWR을 측정하였다. 그 결과를 그림 8에 나타내었다. 그림 8에서 VSWR가 2이하인 동작 주파수 대역폭 비는 삼각형 패치 S를 부가한 경우의 약 50% 보다 8% 증가한 58%의 대역폭 비를 나타내었다. VSWR가 2 이하인 최저 주파수는 변화가 거의 없지만, 최대 주파수는 약 200MHz가 증가함에 따라 중심 주파수도 증가하였다.

노치와 테이퍼를 부가함에 따른 영향을 알아보기 위해 방사패턴을 측정하였다. 측정은 중심 주파수인 1.6GHz에서 측정하였으며 방사패턴 xz-plane, xy-plane의 결과를 그림 9에 나타내었다.



(a) xz-plane

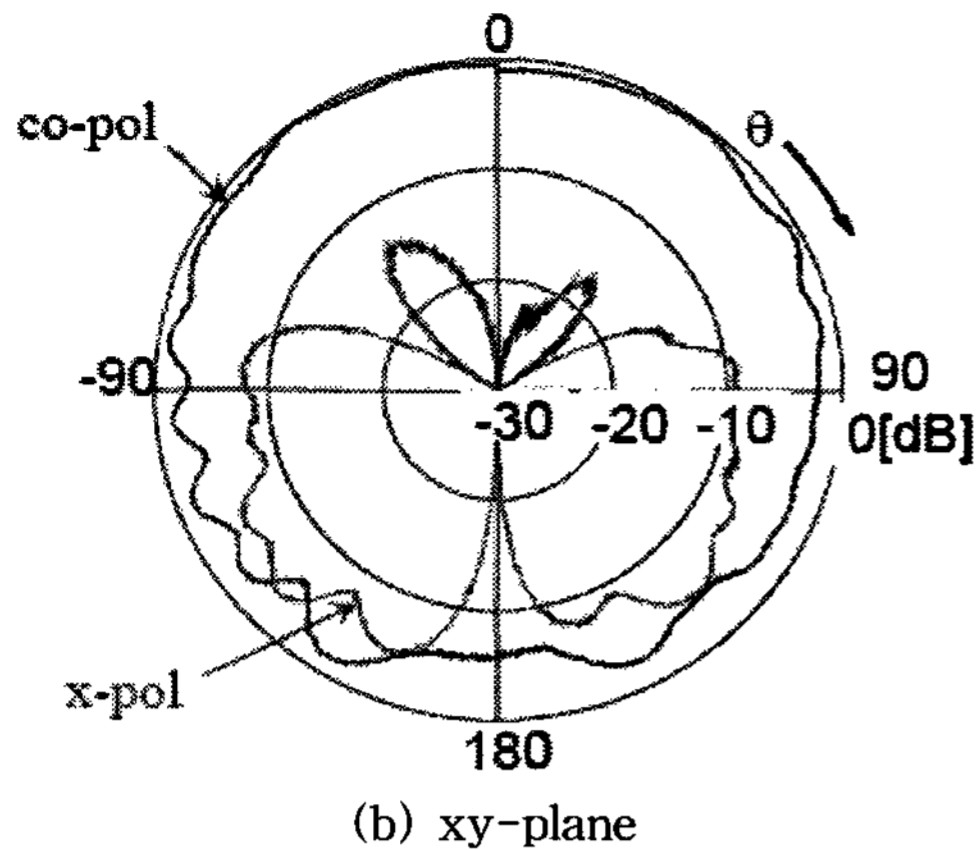


그림 9. 노치와 테이퍼를 부가한 안테나의 방사패턴
 Fig. 9. Radiation pattern of added notch and tapers on element 2

노치와 테이퍼를 부가한 안테나의 방사패턴은 삼각형 패치 S만을 부가한 안테나의 방사패턴과 거의 흡사하다. 그렇기 때문에 방사패턴의 yz-plane도 변화가 거의 없음을 알 수 있다.

IV. 결론

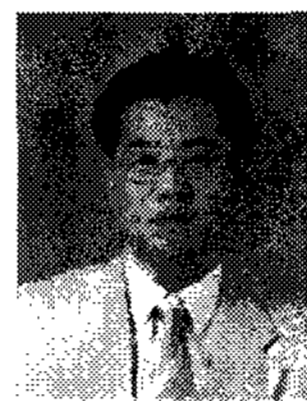
본 논문에서는 다른 형태를 가진 2소자 프린트 안테나에 삼각형 패치 S를 부가하고, 노치와 테이퍼를 부가하여 안테나 특성을 실험적으로 알아보았다. 그 결과, 소자와 노치, 테이퍼의 파라미터가 $l_1=39.0\text{mm}$, $w_2=12.0\text{mm}$, $w_{11}=w_{12}=2.0\text{mm}$, $w_b=w_t=7.0\text{mm}$, 그리고 $l_t=2.8\text{mm}$ 일 때, 안테나의 동작 주파수 대역폭 비가 약 58.6%를 나타내었다. 이 결과는 일반적인 반 파장 다이폴 안테나보다 동작 주파수 대역이 넓음을 알 수 있다. 그리고 방사패턴은 다이폴 안테나의 방사패턴과 흡사하였다. 이 안테나는 모바일 통신 시스템과 초 광대역 통신 시스템에서 사용되어지는 소형, 경량 등으로 제작이 용이한 안테나로 응용이 가능하리라 생각되어진다.

참고문헌

[1] T. Ishida, et al., "Radiation Characteristics of Linear Antenna Composed of Dual Elements with Differential Length", IEICE Spring Conf, B-1-141, pp.141, March 2005.
 [2] T. Ishida, et al., "Radiation Characteristics of Novel Linear Antenna Composed of Dual Elements with Differential Length," Proc. ISAP 2005, No. FB2-1, pp.1009-1012, Seoul, Korea, Aug 2005.
 [3] C. R. Paul, Introduction to Electromagnetic Compatibility, WILEY, New York, 1992.
 [4] J. H. Kim, et al., "Radiation Characteristics of

Printed Antenna Composed of Dual Elements with Differential Length", 2006 Tohoku-Section Joint Convention of Institutes of Electrical and Information Engineers, pp.12-15, Japan, 2006.

[5] K. C. Gupta, Ramesh Garg, Inder Bahl, Parkash Bhartia, Microstrip Lines and Slotlines, Artech House, INC, Second Edition, pp.208-210, 1996.
 [6] Jung-Hyun. Kim, et al., "Radiation Characteristics of Novel Printed Antenna Composed of Dual Elements with Different Shape", Proc. ISAP 2007, No. 2A2-2, pp.61-64, Niigata, Japan, Aug 2007.



이 채 봉(Chai-Bong Lee)

1985년 동아대학교 전자공학 (공학사)
 1986년 일본 문부성 국비유학생
 1988년 일본 동북대학(TOHOKU) 전기 및 통신공학 전공 석사

1992년 일본 동북대학(TOHOKU) 전기 및 공학 전공 박사
 1993년 ~ 현재 동서대학교 정보시스템공학부 부교수
 관심분야 : 소음 · 진동, 디지털 신호처리, 건축음향, 청각 심리



김 정 현(Jung-Hyun Kim)

2006년 동서대학교 전자공학(공학사)
 2006년 ~ 현재 일본 아끼다 현립대학 대학원

관심분야 : 안테나 설계, 디지털 신호처리