

밀리미터파 시스템 응용을 위한 초광대역 테이퍼 슬롯 안테나 설계

Ultra-Wideband Tapered Slot Antennas for Millimeter-Wave Systems

우동식 · 김영곤 · 조영기 · 김강욱

Dong Sik Woo · Young Gon Kim · Young Ki Cho · Kang Wook Kim

요 약

본 논문에서는 밀리미터파 시스템에 응용이 가능한, 마이크로스트립으로 급전되는 초광대역 테이퍼 슬롯 안테나의 새로운 설계법을 제시하고 그 실험결과를 보여주고 있다. 초광대역 특성을 가지는 마이크로스트립-CPS 전이 구조 혹은 발룬을 적용하여 테이퍼 슬롯 안테나 고유의 초광대역 특성을 얻었고, 안테나와 발룬의 연결은 임피던스 정합의 방법을 이용함으로 테이퍼 슬롯 안테나 설계를 간단하게 하였다. 테이퍼 슬롯 안테나 설계에는 페르미-디랙(Fermi-Dirac) 테이퍼 함수와 corrugation을 적용하였다. 제안된 안테나는 23 GHz에서 58 GHz까지의 초광대역 주파수 특성을 가졌으며, 12에서 14 dBi의 비교적 높고 평탄한 이득과 낮은 부엽 레벨을 가졌다. 또한, 4개의 소자로 이루어진 간단한 선형 배열 안테나를 통하여 광대역 위상 배열 및 밀리미터파 센서에 응용될 수 있음을 보였다.

Abstract

A new design and its experimental results of a microstrip-fed ultra-wideband tapered slot antenna(TSA) for millimeter-wave systems are presented. By utilizing the ultra-wideband microstrip-to-CPS transition(balun), ultra-wideband characteristics of the inherent TSA are retrieved. Also, the design procedure of the TSA is simplified by performing simple impedance matching between balun and antenna. The proposed TSA is shaped by using the Fermi-Dirac tapering function and corrugated at the outer edge. The implemented antenna demonstrates ultra-wideband performance for frequency ranges from 23 to over 58 GHz with the relatively high and flat antenna gain of 12 to 14 dBi and low sidelobe levels. In addition, a 4-element linear antenna array for phased-array systems and mm-wave sensor applications is also presented.

Key words : Tapered Slot Antenna, Millimeter-Wave, Balun, Coplanar Stripline(CPS), Fermi Antenna, Corrugation

I. 서 론

최근 초고속 및 광대역 신호 전송의 소비자 수요가 급증함에 따라 새로운 주파수 자원으로써 밀리미터파를 이용하는 광대역 시스템이 여러 산업 분야에서 응용되고 있다. 60 GHz 대역을 이용하는 수 Gbps 급 근거리 실내 WLAN이 표준화 단계에 있으며, 24

GHz와 77 GHz를 이용하는 차량 충돌 방지 레이더, 그리고 94 GHz 대역을 이용하는 밀리미터파 이미징(imaging) 센서 등이 대표적인 시스템들이다. 밀리미터파 대역을 이용하게 되면 주파수 특성상 소형화된 시스템이 요구되며, 신호의 송수신에 사용되는 안테나 역시 간단하면서도 다른 소자들과 접적이 쉬운 마이크로스트립 안테나(Microstrip Antenna: MSA)가

「본 연구는 경북대학교 3단계 BK21 사업의 연구비 지원으로 수행되었음.」

경북대학교 전자전기컴퓨터학부(School of Electrical Engineering and Computer Science, Kyungpook National University)

· 논문 번호 : 20080523-15S

· 수정완료일자 : 2008년 7월 25일

널리 사용되고 있다.

일반적인 평면형 MSA는 크기가 작고, 가볍고, 대량 생산이 가능하여 저가이며, 또한 MIC(Microwave Integrated Circuit) 소자들과 쉽게 접속할 수 있는 장점을 가진다. 하지만 대부분의 MSA는 주파수 대역 폭이 좁아 광대역 시스템에 적용하기 어렵고 이득과 효율이 낮다^[1]. 반면, 이러한 약점을 보완한 진행파 형태의 테이퍼 슬롯(tapered slot) 안테나와 quasi-Yagi 안테나는 지향성이 크고, 광대역 특성을 가져 광대역 이미징 센서 등에 가장 널리 사용되고 있다^[2]. 그러나 기존의 대부분의 광대역 테이퍼 슬롯 안테나는 마이크로스트립-슬롯, 마이크로스트립-CPS(Coplanar stripline) 혹은 CPW(Coplanar Waveguide)-슬롯 등의 전이 구조(혹은 발룬)의 특성에 의해 대역이 제한되었으며, 광대역 발룬을 얻기 위한 반복적 최적화 과정으로 인하여 설계 시간이 길어지고 복잡도가 증가하는 단점이 있었다^{[3]~[7]}. 본 저자 그룹에서는 최근 새로운 방식의 초광대역 밀리미터파 테이퍼 슬롯 안테나 설계법^[8]을 제안하였다. 새롭게 개발된 초광대역 마이크로스트립-CPS 발룬^[9]을 적용하여 안테나 고유의 광대역 특성을 유지하게 하였고, 임피던스 정합의 간단한 방법으로 LTSA(Linearly Tapered Slot Antenna)와 ETSA(Exponentially Tapered Slot Antenna)를 각각 설계하였다. 하지만 주파수 범위가 넓은 장점에 비하여 이득이 낮고 부엽 레벨이 상대적으로 높아 고지향성을 요구하는 위상 배열 및 이미징 센서의 수신단 안테나로 사용되기 어려웠다.

본 논문에서는 높은 이득과 낮은 부엽 특성, 그리고 좁은 빔 폭을 가지는 개선된 특성을 갖는 초광대역 테이퍼 슬롯 안테나를 설계하였다. 초광대역 발룬의 넓은 대역 특성^[9]을 이용하여 테이퍼 슬롯 안테나 고유의 대역 및 방사 특성을 그대로 유지하도록 하였으며, 또한 마이크로스트립으로 급전되어 다른 MIC 소자들과의 접속을 쉽게 하였다. 그리고, 각 소자간에 임피던스 정합의 방법을 이용하여 쉽고 간편하게 설계하여 설계의 복잡도를 줄였다. 사용된 테이퍼 슬롯 안테나는 참고문헌 [10]에서 소개된 바 있는 페르미-디락(Fermi-Dirac) 테이퍼 함수와 corrugation^[11]을 이용하여 설계하였다. 또한, 광대역이면서 지향성이 높은 1×4 선형 배열 안테나를 설계하고 측정하여 다양한 광대역 밀리미터파 시스템에 응용될

수 있음을 확인하였다.

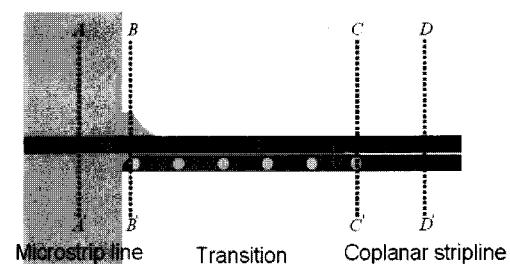
II. 본 론

2-1 초광대역 마이크로스트립-CPS 발룬

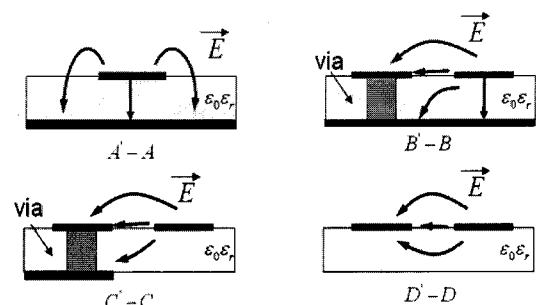
Coplanar Stripline(CPS)는 믹서, 체배기 및 안테나와 같은 평형(balanced) 회로에 사용되는 일반화된 평형 전송 선로 중의 하나이다. 그림 1은 본 논문에 사용된 초광대역 마이크로스트립-CPS 전이 구조(발룬)이다^[9]. 이 발룬은 마이크로스트립과 CPS 선로 간에 임피던스 최적 정합을 제공하고 전계의 전이를 보다 자연스럽게 하도록 설계되었다. 그림 1(a)는 신호면 및 접지면의 구조를 보여주고 있으며, 접지면은 필드 정합과 임피던스 정합을 위하여 최적화된 테이퍼 선로(Klopfenstein taper)로 구성된다. 그림 1(b)는 발룬의 전장의 분포이다.

2-2 초광대역 테이퍼 슬롯 안테나 설계

테이퍼 슬롯 안테나는 대부분 슬롯을 통하여 급



(a) 신호선 및 접지면
(a) Signal line and ground plane



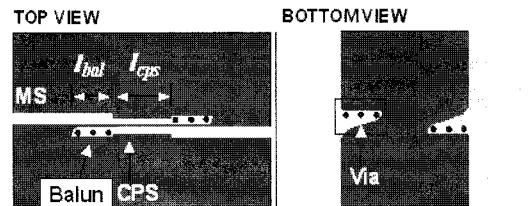
(b) 전장의 분포
(b) Electric field distribution

그림 1. 초광대역 마이크로스트립-CPS 발룬^[9]
Fig. 1. Ultra-wideband microstrip-to-CPS balun^[9].

전되기 때문에, 슬롯으로부터 마이크로스트립이나 CPW로 변환하는 발룬이 필요하게 된다. 이때 사용하는 대부분의 발룬은 주파수 대역이 좁아 테이퍼 슬롯 안테나 고유의 넓은 대역폭 및 방사 특성을 제한하게 되는 단점이 있다^{[3]~[7]}. 그러나 앞서 소개한 초광대역 발룬을 이용하게 되면 이러한 대역 제한의 문제를 해결할 수 있다. 본 논문에서 제안하는 초광대역 발룬을 이용한 테이퍼 슬롯 안테나의 간단한 설계 과정은 다음과 같다.

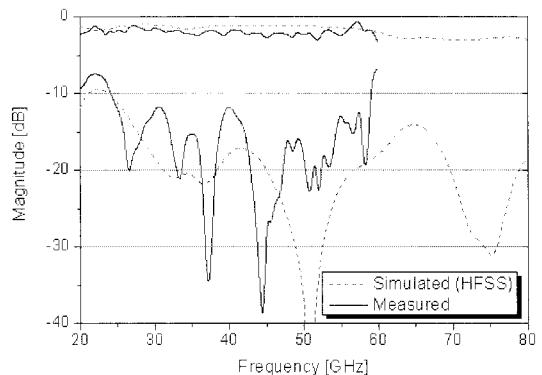
첫째, 참고문헌 [9]의 설계 방법을 이용하여 초광대역 마이크로스트립-CPS 발룬을 설계하였다. 본 논문에서는 Rogers사의 10 mil 두께의 RT/Duroid 5880[®] ($\epsilon_r = 2.2$)을 사용하였고, Ansoft사의 HFSSTM를 사용하여 시뮬레이션 하였다. 이때 CPS 임피던스는 일반적으로 마이크로스트립 선로의 임피던스보다 다소 높은($>100 \Omega$) 값을 가진다. PCB 제작의 한계에 따라 CPS 선로 사이의 간격을 5 mil로 하고, CPS 선로의 선폭을 20 mil로 하여 약 139 Ω 의 임피던스를 가지는 CPS 선로를 급전선으로 사용하였다. CPS 선로의 길이(l_{cps})와 발룬의 길이(l_{bal})는 각각 180 mil과 130 mil로 정하였다. 그림 2(a)는 설계된 발룬의 레이아웃이며, 시뮬레이션 및 측정된 발룬의 특성은 그림 2(b)와 같다. 반사 손실의 측정에는 Anritsu사의 universal test fixture(3680K)를 사용하였다. 측정 결과 20에서 58 GHz까지 10 dB 이하의 반사 손실과 단위 발룬당 1.5 dB 이하의 적은 삽입 손실을 가졌다. 단, 40 GHz 이상의 주파수에서 삽입 손실의 증가와 58 GHz 이상의 대역에서의 반사 손실의 불일치는 universal test fixture의 성능의 열화 때문이다.

둘째, 슬롯 라인(slotline)으로 급전되는 고유의 테이퍼 슬롯 안테나를 설계하였다. 이때 급전되는 슬롯의 임피던스는 앞서 설계한 마이크로스트립-CPS 발룬의 CPS 선로 임피던스로 정하였다. 마지막으로 설계된 테이퍼 슬롯 안테나와 마이크로스트립-CPS 발룬을 짧은 CPS 라인을 통해 간단히 연결하면 전체 테이퍼 슬롯 안테나가 완성된다. 그림 3은 완성된 마이크로스트립 급전 테이퍼 슬롯 안테나 및 설계 파라미터이다. Fermi-Dirac 함수로 테이퍼를 설계하였고, corrugation을 측면에 적용하였다. 이때 사용된 함수의 식과 계수들은 참고문헌 [10], [11]을 참고하여 식 (1)~(3)과 같이 결정하였다.



(a) 발룬의 레이아웃

(a) Layout of the balun.



(b) 시뮬레이션 및 측정 결과(back-to-back)

(b) Simulated and measured results(back-to-back)

그림 2. 발룬의 특성

Fig. 2. Characteristics of the balun.

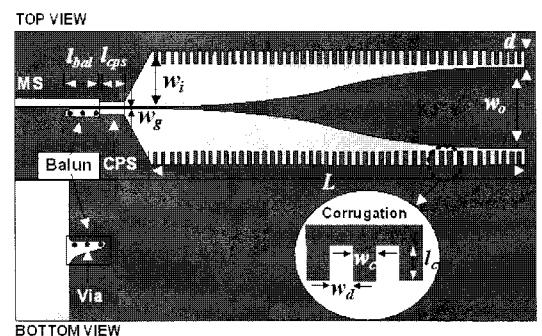


그림 3. 제안된 테이퍼 슬롯 안테나

Fig. 3. Proposed tapered slot antenna.

$$f(x) = \frac{a}{1 + e^{-b(x-c)}} \quad (1)$$

$$b = \frac{2.4}{\lambda_0} \quad (2)$$

$$c = 2\lambda_0 \quad (3)$$

λ_0 은 중심 주파수에서의 자유공간 파장이며, a

표 1. 안테나 설계 파라미터(단위: mil)

Table 1. Design parameters of the antenna(Unit: mil).

L	w_o	w_i	w_g	d	w_c	w_d	l_c
1,350	278	197	5	78	14	14	34
l_{cps}		l_{bal}				Size(mm)	
90		130				48 × 15	

는 식 (1)의 테이퍼 길이 x 가 무한히 큰 값에서의 근사값이다. 전체 안테나의 길이(L)는 35 GHz에서 진행파 특성을 가지도록 하기 위하여 $4\lambda_0$ 로 정하였고, b 는 변곡점에서의 기울기로 $2.4/\lambda_0$ 로 정하여 H면의 부엽 특성을 줄이도록 하였다^[10]. 개구의 폭 w_o 와 c 는 높은 이득과 낮은 부엽 특성을 갖도록 선택하였다. 그리고 슬롯의 간격 w_g 는 제작 한계에 따라 5 mil로 결정하였고, 이때의 슬롯 라인의 특성 임피던스는 약 130 Ω이다. 안테나의 아래와 위에 있는 모서리의 corrugation은 일반적으로 부엽 특성을 개선하고, 이득 향상에 도움을 주며, VSWR 특성을 개선하는 기능을 가진다. 주름의 파라미터(w_c , w_d , l_c)들은 설계 주파수와 제작 한계 등을 고려하여 식 (4)와 같이 결정되었다^{[10],[11]}. 전체적인 안테나의 설계 파라미터는 표 1과 같다.

$$w_c = L/100, \quad w_d = w_c, \quad l_c = 0.1 \lambda_0 \quad (4)$$

3차원 시뮬레이터는 Ansoft HFSS™와 CST Microwave Studio™를 이용하여 수행하였다. 반사 손실의 측정에는 Anritsu사의 right-angle launcher(Anritsu 38801K)를 사용하였다. 측정 결과, 그림 4와 같이 23 GHz부터 58 GHz까지 10 dB 이하의 좋은 반사 손실을 가졌다. 시뮬레이션된 안테나의 반사 손실은 80 GHz 이상까지 잘 동작함을 알 수 있다. 이 결과는 슬롯 선으로 급전되는 고유의 테이퍼 슬롯 안테나의 넓은 대역폭을 비교적 잘 유지해 준다는 것을 알 수 있다. 시뮬레이션과 측정된 반사 손실 특성은 넓은 주파수 범위에서 비교적 잘 일치하였다. 단, 58 GHz 이상의 대역에서의 반사 손실의 불일치는 right angle launcher의 성능의 열화 때문인 것으로 판단된다. 25, 35, 45 그리고 60 GHz에서 시뮬레이션 된 테이퍼 슬롯 안테나의 전장 분포 및 방사 패턴을 그림 5에서 보여주고 있다. 해석 결과, 넓은 주파수 대역에서 비교적 균일한 낮은 부엽 특성과 높은 지향성을 가졌다.

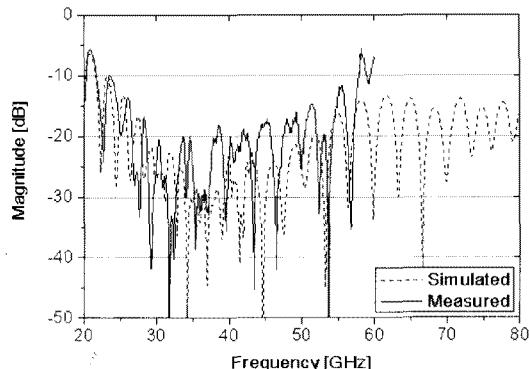


그림 4. 시뮬레이션 및 측정된 반사 손실

Fig. 4. Simulated and measured return loss.

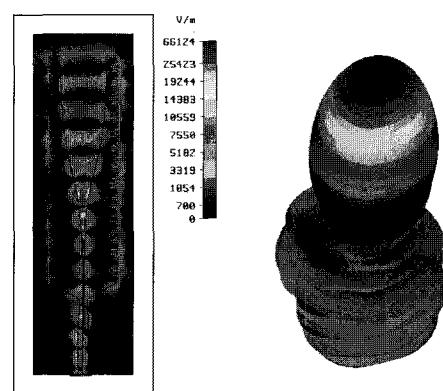
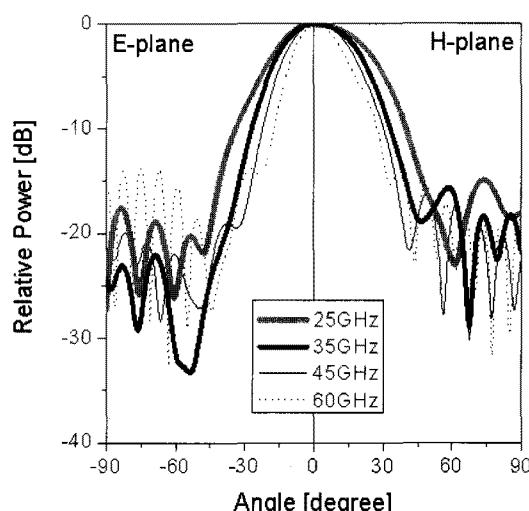
(a) E면의 필드 분포 및 3차원 방사 패턴
(a) E-plane field distribution and 3-D radiation pattern.(b) 계산된 방사 패턴
(b) Calculated radiation pattern

그림 5. 시뮬레이션된 안테나의 방사 패턴

Fig. 5. Simulated radiation pattern of the antenna.

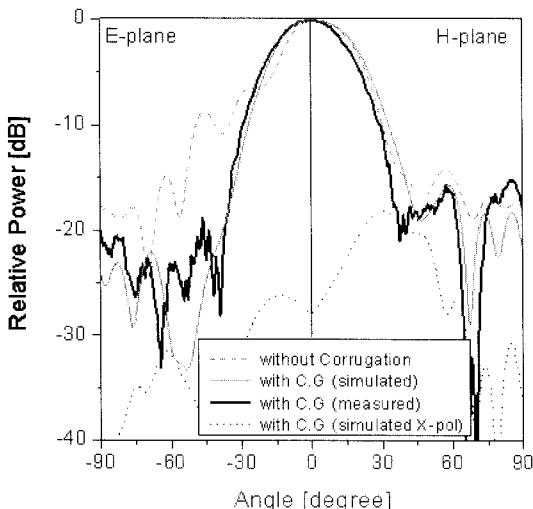


그림 6. 35 GHz에서 측정된 방사 패턴

Fig. 6. Measured radiation pattern at 35 GHz.

고, E면과 H면의 방사 패턴 또한 대칭적인 특성을 가짐을 알 수 있다.

시뮬레이션 결과, 전 대역에서 90 % 이상의 좋은 방사 효율을 가진다. 제작된 안테나의 광대역 특성을 확인하기 위하여 27 GHz에서 40 GHz의 대역에서 안테나의 방사 패턴을 측정하였다. 전체적인 안테나의 이득은 12에서 14 dBi였으며, 부엽 레벨은 -15 dB 이하, E면의 3-dB 범 폭은 28°에서 38° 정도이었다. 측정된 방사 패턴은 그림 6에서와 같이 35 GHz에서 E면과 H면의 방사 패턴이 거의 대칭적임을 알 수 있으며, 시뮬레이션과 측정값이 비교적 잘 일치하였다. 시뮬레이션을 통해 상당히 낮은 교차 편파(cross polarization) 특성을 확인하였다. 또한 corrugation이 없는 설계에 비해 corrugation이 있을 때 우수한 방사 패턴을 가짐을^[11] 확인할 수 있었다. 제작된 안테나의 측정된 방사 특성을 표 2에 간략하게 요약하였다.

2-3 1x4 배열 안테나의 설계

단일 안테나의 성능을 바탕으로 광대역 특성을 갖는 배열 안테나를 설계하였다. 먼저 전력 분배기는 안테나에 충분한 전력을 공급하기 위해 손실이 적어야 하며, 안테나에 비해 넓은 대역 특성을 가져야 한다. 본 논문에서는 테이퍼 선로를 이용한 Tee 접합 분배기를 사용하였다. 중심 주파수에서의 전력 분배량은 -6.9 dB로 이론값과 거의 일치하였다. 또한, 배역 소자간의 간격은 안테나의 이득, 부엽 레벨 및 안테나 간의 상호 결합(mutual coupling) 특성을 고려하여 결정해야 한다. 본 논문에서는 이득과 패턴을 고려하여 안테나 간의 간격을 $1.2 \lambda_0$ 로 하였다. 단일 안테나 설계와 동일한 방법 및 기판을 이용하여 제작한 1×4 배열 테이퍼 슬롯 안테나는 그림 7과 같다. 측정 결과, 그림 8과 같이 23에서 48 GHz까지 비교적 넓은 대역에서 잘 일치함을 알 수 있다.

표 2. 제안된 테이퍼 슬롯 안테나의 측정 결과
Table 2. Measurement result of the TSA.

Freq (GHz)	Gain (dBi)	3-dB BW [degree]		SLL [dB]		Radi. Eff. (%)
		E-plane	H-plane	E-plane	H-plane	
27	12.6	35	47	-18	-13.5	92
30	13.8	38	44	-17.5	-15	93
35	12.5	31	36	-15	-15	92
40	13.6	28	35	-17	-16	89

(측정 장비의 부재로 40 GHz까지만 측정되었음.)

접합 분배기를 사용하였다. 중심 주파수에서의 전력 분배량은 -6.9 dB로 이론값과 거의 일치하였다. 또한, 배역 소자간의 간격은 안테나의 이득, 부엽 레벨 및 안테나 간의 상호 결합(mutual coupling) 특성을 고려하여 결정해야 한다. 본 논문에서는 이득과 패턴을 고려하여 안테나 간의 간격을 $1.2 \lambda_0$ 로 하였다. 단일 안테나 설계와 동일한 방법 및 기판을 이용하여 제작한 1×4 배열 테이퍼 슬롯 안테나는 그림 7과 같다. 측정 결과, 그림 8과 같이 23에서 48 GHz까지 비교적 넓은 대역에서 잘 일치함을 알 수 있다.

단일 안테나에 비하여 대역폭이 줄어든 것은 Tee 접합의 특성 열화에 따른 결과이다. 그리고 30 GHz 및 40 GHz에서 측정된 배열 안테나의 E면의 방사 패턴은 그림 9와 같이 나타내었다. 16~18 dBi의 비교적 높은 이득과 9~12°의 범 폭, 부엽(sidelobe) 레벨은 -13 dB 이하이다. 제작된 배열 안테나의 크기는 48×62 mm이다.

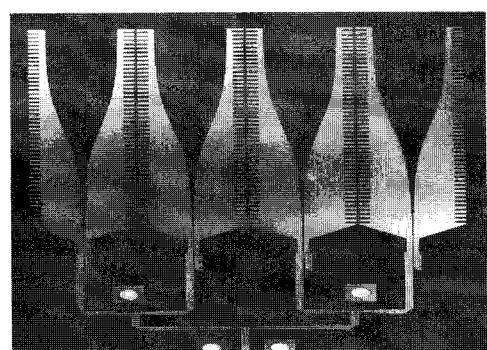


그림 7. 제작된 1x4 배열 테이퍼 슬롯 안테나

Fig. 7. Fabricated 1x4 tapered slot antenna array.

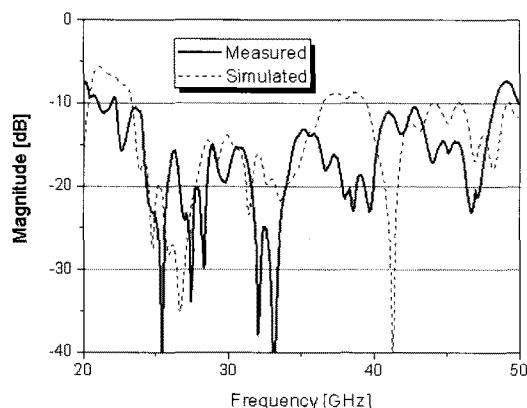


그림 8. 시뮬레이션 및 측정된 반사 손실 특성
Fig. 8. Simulated and measured return loss.

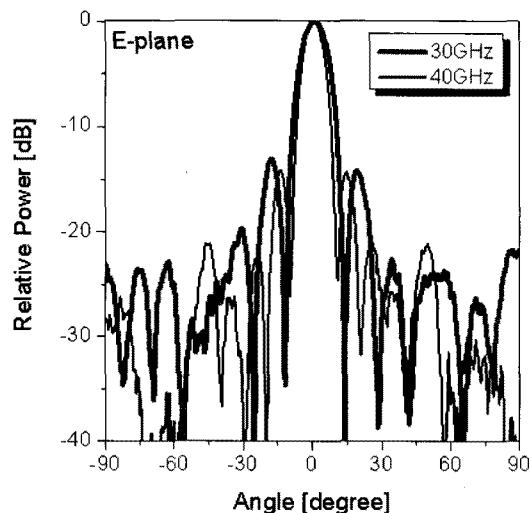


그림 9. 측정된 배열 안테나의 방사 패턴
Fig. 9. Measured radiation pattern of antenna array.

III. 결 론

다양한 밀리미터파 시스템에 응용될 수 있는, 고이득 저 부엽 레벨 특성을 가지는 마이크로스트립으로 급전되는 초광대역 테이퍼 슬롯 안테나를 설계하고 제작하였다. 초광대역 발룬의 넓은 대역 특성을 이용하여 테이퍼 슬롯 안테나 고유의 대역 및 방사 특성을 유지하도록 하였으며, 마이크로스트립으로 급전되는 장점을 가지므로 다른 소자간의 접적화에 더욱 용이하게 하였다. 안테나를 구성하는 각 요소 간의 단순한 임피던스 정합의 방법을 이용하여 쉽고 간단한 광대역 안테나 설계 방법을 제시하였다. 페

르미-디랙 함수에 따른 테이퍼 슬롯을 설계하였고, corrugation을 개구면 모서리에 적용하여 이득과 부엽 특성을 좋게 하였다. 실험 결과, 23에서 58 GHz의 넓은 주파수 범위에서 높은 이득과 좁은 빔 폭, 그리고 낮은 부엽 특성을 얻었다. 본 논문에서 소개된 초광대역 테이퍼 슬롯 안테나는 최근 증가하고 있는 위상 배열(phased-array) 레이다 및 다양한 광대역 밀리미터파 무선 시스템에 널리 사용될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 이재욱, "밀리미터파용 소형 안테나 기술", 한국 전자과학회지 전자파기술, 16(2), pp. 32-46, 2005년 4월.
- [2] K. F. Lee, W. Chen, *Advances in Microstrip and Printed Antennas*, Wiley, New York, 1997.
- [3] R. N. Simons, N. I. Dib, R. Q. Lee, and L. P. B. Katehi, "Integrated unipolar transition for linearly tapered slot antenna", *IEEE Trans Antenna and Propagat.*, vol. 43, no. 9, pp. 998-1002, Sep. 1995.
- [4] M. M. Zinieris, R. Sloan, and L. E. Davis, "A Broadband microstrip-to-slot-line transition", *Microwave and Optical Technology Lett.*, vol. 18, no. 5, pp. 339-342, Aug. 1998.
- [5] R. N. Simons, R. Q. Lee, and T. D. Perl, "New techniques for exciting linearly tapered slot antennas with coplanar waveguide", *Electron. Lett.*, vol. 28, no. 7, pp. 620-621, Mar. 1992.
- [6] R. N. Simons, R. Q. Lee, and T. D. Perl, "Non-planar linearly tapered slot antenna with balanced microstrip feed", *IEEE Antennas Propaga. Int. Symp. Dig.*, vol. 4, pp. 2109-2112, 1992.
- [7] N. Kaneda, W. Deal, Y. Qian, R. Waterhouse, and T. Itoh, "A broad-band planar quasi-Yagi antenna", *IEEE Trans. Antennas and Propagat.*, vol. 50, no. 8, pp. 1158-1160, Aug. 2002.
- [8] D. S. Woo, Y. G. Kim, K. W. Kim, and Y. K. Cho, "Ultra-wideband millimeter-wave tapered slot antennas", *IEEE Antennas Propaga. Int. Symp. Dig.*, pp. 1969-1972, 2007.
- [9] Y. G. Kim, D. S. Woo, K. W. Kim, and Y. K. Cho,

- "A new ultra-wideband microstrip-to-CPS transition", *IEEE Int. Symp. Microwave*, pp. 1563-1566, Jun. 2007.
- [10] H. Sato, K. Sawaya, Y. Wagatsuma, and K. Mizuno, "Broadband FDTD design of fermi antenna for passive millimeter wave imaging", *IEEE Int. Symp. MAPE*, pp. 123-126, 2005.
- [11] S. Sugawara, Y. Maita, K. Adachi, K. Mori, and K. Mizuno, "A mm-wave tapered slot antenna with improved radiation pattern", *IEEE MTT-S Int. Symp. Microwave*, pp. 959-962, 1997.

우 동 식



2002년 2월: 경북대학교 전자전기
컴퓨터학부 (공학사)
2004년 2월: 경북대학교 전자공학
과 (공학석사)
2004년 3월 ~ 현재: 경북대학교 전
자공학과 박사과정
[주 관심분야] 마이크로파 및 밀리
미터파 안테나, 시스템 설계

김 영 곤



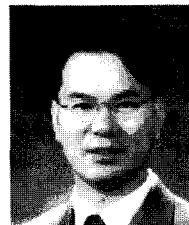
2006년 2월: 경북대학교 전자전기
컴퓨터학부 (공학사)
2008년 2월: 경북대학교 전자공학
과 (공학석사)
2008년 3월 ~ 현재: 경북대학교 전
자공학과 박사과정
[주 관심분야] 초고주파 회로 설계,
초광대역 발룬, 광대역 믹서 및 주파수 체배기

조 영 기



1978년 2월: 서울대학교 전자공학
과 (공학사)
1981년 2월: 한국과학기술원 전기
및 전자공학과 (공학석사)
1998년 2월: 한국과학기술원 전기
및 전자공학과 (공학박사)
1981년 ~ 현재: 경북대학교 전자전
기컴퓨터학부 교수
1992년 ~ 현재: 국제전파연합(URSI) Commission B Fields
& Waves, Korea representative
2002년 ~ 2007년: 경북대학교 공과대학 BK 사업 단장
2004년 ~ 2007년: 한국전자과학회 수석부회장
2008년 ~ 현재: 한국전자과학회 회장
[주 관심분야] 전자기 산란 및 복사, 주기 구조, 안테나 이
론

김 강 육



1985년 2월: 서울대학교 전기공학
과 (공학사)
1987년 2월: 서울대학교 전기공학
과 (공학석사)
1996년 7월: University of Califor
nia, Los Angeles. 전자공학과 (공
학박사)
1987년 ~ 1990년: 한국전기연구소 연구원
1996년 ~ 1998년: University of California Los Angeles. post
doctor 연구원
1998년 ~ 1999년: P-Com, Inc. 마이크로파 설계연구원
1999년 ~ 2001년: Narda DBS Microwave, RF 설계연구원
2001년 ~ 2005년: 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 조교수
2006년 ~ 현재: 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 부교수
2007년 5월 ~ 현재: 이엠와이즈통신(주) 대표이사
[주 관심분야] 마이크로파 통신시스템 및 서브시스템, 마
이크로파 및 밀리미터파 부품 및 패키징, 무선통신용 안
테나, 전자기 상호 작용 및 전자기 수치 해석