

이중편파 하중 지지형 마이크로스트립 안테나 설계 및 제작

Design and Fabrication of a Dual Polarized Load-bearing Microstrip Antenna

이라미* · 이정수* · 박위상* · 박현철** · 황운봉**

Ra-Mi Lee* · Jung-Su Lee* · Wee-Sang Park* · Hyun-Chul Park** · Woon-Bong Hwang**

요 약

본 논문에서는 SAR(Synthetic Aperture Radar) 시스템에 적합한 이중편파 하중 지지형 마이크로스트립 8×4 배열 안테나를 설계, 제작하여, 그 측정 결과를 시뮬레이션 결과와 비교하였다. 안테나 설계 시 운용 주파수와 대역폭, polarization purity, -3 dB빔 폭 등과 같은 전기적 특성뿐만 아니라, 구조적 안정성, 강도, 강성 등의 기계적 특성을 함께 고려하였다. 본 안테나는 SSFIP형 구조에 허니콤과 shielding plane을 첨가한 형태이며, 이중편파는 서로 수직으로 위치한 두개의 dog-bone shape 슬롯으로 구현하였다. 각 실험 결과로부터 제안한 안테나가 중심 주파수 5.3 GHz를 중심으로 약 80 MHz의 대역폭을 지니고, -20 dB 이하의 cross-polarization level, 약 40 dB 정도의 포트간 고립도 특성을 나타내며, 구조적으로도 안정됨을 알 수 있었다.

Abstract

A 8×4 microstrip antenna array is designed at 5.3 GHz and its characteristics are investigated with respect to the application in dual polarized synthetic aperture radars. The design is focused on the achievement of a wide bandwidth, a high polarization purity, a low loss, a good isolation and some mechanical requirements suitable for the application. The antenna is fed by a -3 dB tapered feed network, and is composed of dual polarized SSFIP(Strip-Slot-Foam-Inverted Patch) elements with honeycomb and shielding plane. Simulation results for the antenna array are presented and compared with measurements. It is observed that the antenna shows a bandwidth of 80 MHz, a polarization isolation better than 20 dB, an isolation of 40 dB, and good mechanical characteristics.

I. 서 론

SAR 시스템에서 안테나는 전체 성능을 결정하는 가장 중요한 요소이다. 이는 안테나의 성능이 시스템의 sensitivity뿐만 아니라 spatial resolution, ambiguity, swath coverage 등에 큰 영향을 미치기 때문이다^[1]. 따라서, 본 논문은 SAR 시스템에 적합한 이중편파 하중 지지형 마이크로스트립 안테나를 제안

하고자 한다.

이중편파 안테나는 일반적으로 시스템의 image resolution을 향상시키기 위하여 사용된다. 이중편파 안테나 설계 시 가장 고려해야 할 것은 안테나의 cross-polarization level이 낮아야 한다는 것이다. 이를 위하여 개구면 결합형 안테나의 경우, 두 슬롯간의 간격을 멀리 하거나, 두 개의 dummy 슬롯을 첨가하는 방법 등을 사용하지만, 전자의 경우는 슬

「본 연구는 한국과학재단 목적기초연구 (1999-2-304-004-3) 지원으로 수행되었음.」

*포항공과대학교 전자전기공학과, 전자파특화연구소(Department of Electronic and Electrical Engineering, Microwave Application Research Center, Pohang University of Science and Technology)

**포항공과대학교 기계공학과(Department of Mechanical Engineering, Pohang University of Science and Technology)

· 논문 번호 : 20001004-111

· 수정완료일자 : 2000년 11월 16일

로부터 방사소자로의 coupling 량이 작아져 정합특성이 저하되고, 후자의 경우는 안테나의 전체 구조가 복잡해지는 단점이 있다^{[2],[3]}. 따라서, 본 논문은 두 슬롯 간의 간격을 멀리하면서도 정합특성을 향상시킬 수 있는 dog-bone 형태로 슬롯을 설계함으로써 높은 polarization purity를 얻고자 한다.

또한, SAR 시스템용 안테나는 비행기나 위성에 탑재되므로 안테나 자체가 가볍고, 구조적인 안정성을 지녀야 한다. 이를 위하여 각 적층 구조 사이가 가볍고, 삽입 손실이 적은 허니콤을 삽입하고, adhesive film으로 경화시킴으로써 안테나의 전단력과 강도, 강성 등을 증가시키도록 하였다.

본 논문의 2장에서는 SAR용 안테나의 사양을 언급하고, 3장에서는 SSFIP형 단일 안테나의 구조와 이중편파 구현 방법을 제시한다. 4장에서는 안테나의 제작과 실험 및 결과 분석에 대하여 논의하고, 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

II. SAR용 안테나의 사양

SAR란 마이크로웨이브를 이용하여 지형이나 물체를 파악하는 시스템으로써, 레이더가 움직임에 따라 안테나의 aperture 크기보다 큰 지형을 탐지할 수 있기에 붙여진 이름이다. 이 시스템은 구름이나 안개, 강우 등의 기후 조건에 거의 영향을 받지 않으므로, 오랫동안 지속적인 관찰이 필요한 분야에 사용될 수 있는 장점이 있다.

기존의 SAR 시스템에서는 한 주파수에 하나의 편파가 구현된 안테나가 사용되었지만, 정확한 데이터의 필요성과 시스템 기능의 다양화로 이중 공진 안테나나 이중 편파 안테나의 사용이 증가되고 있다. 본 논문에서는 한 주파수 대역에서 이중편파가 구현된 안테나를 설계하고자 한다.

SAR 시스템용 안테나는 그 응용의 특수함으로 전기적인 특성과 기계적인 특성을 함께 지녀야 한다. 전기적 특성으로는 안테나의 운용 주파수와 대역폭, polarization purity, 방사패턴, gain 등을, 기계적 특성으로는 구조적 안정성과 강도, 강성 등을 설계 시 고려해야 하며, 가능한 전체 안테나의 크기와 무게는 비행체에 탑재될 수 있도록 작아야 한다.

안테나의 대역폭은 시스템의 resolution에 의해

표 1. 안테나의 사양

Table 1. Antenna specifications.

Parameter	Requirements
Frequency	5.3 GHz
Bandwidth	100 MHz
Beamwidth	$\pm 10^\circ$ for elevation plane
	$\pm 10^\circ$ for azimuth plane
Polarization	Dual-linear
Cross-polarization	< -20 Db
Gain	> 20 dBi

결정되며, 주로 VSWR 1.5를 기준으로 약 50~100 MHz 정도여야 한다. 또한 이중편파 시스템에서는 polarization purity가 중요한 성능 변수가 되는데, cross-polarization level이 co-polar peak보다 -20 dB 이하로 낮아야 한다. 방사 패턴은 안테나의 elevation 방향으로 20°의 -3 dB 빔 폭과 -20 dB 정도의 SLL을, azimuth 방향으로 10°의 -3 dB 빔 폭과 -20 dB 정도의 SLL 특성을 갖도록 한다. 또한, 주파수 변화에 따른 각 단일 안테나로 급전되는 위상의 변화, VSWR 특성 저하, mutual coupling 등으로 인하여 gain이 주파수와 온도에 따라 변할 수 있으므로 전체 안테나의 gain이 허용 최소값보다 클 수 있도록 하여야 한다. 표 1은 SAR 시스템용 안테나의 사양을 나타낸다.

III. SSFIP형 이중편파 단일 안테나 설계

3-1 단일 안테나의 구조

마이크로스트립 안테나는 가볍고 부피가 작을 뿐만 아니라 집적화가 가능하고, 표면 부착이 용이하여 비행체에 탑재되는 안테나로 많이 응용되고 있으나 동작 대역폭이 좁고, 효율이 낮은 단점이 있다. 또한, surface wave가 마이크로스트립 유전체 표면을 따라 흐르면서 안테나 소자들 사이의 coupling 량을 증가시키거나 edge 부분에서 회절됨으로써 side-lobe level(SLL)과 cross-polarization level이 높

아저 전체 안테나의 성능이 저하되기도 한다^[4]. 이러한 마이크로스트립 안테나의 단점을 보완하기 위하여 대역폭이 넓고, 방사소자와 급전소자 사이의 고립도가 높은 SSFIP(Strip-Slot-Foam-Inverted Patch)형 구조로 안테나를 설계하였다^[5].

그림 1의 단일 안테나 구조를 살펴보면 다음과 같다. 가장 위 부분의 얇은 유전체 층은 레이돔 역할을 하며, 그 아래 부분에 방사소자인 패치가 위치하게 된다. 슬롯을 포함한 접지면과 패치 사이에는 폼이 위치하는데, 이는 두껍고 낮은 유전율을 특성을 지니는 것으로 선택하여 안테나의 대역폭을 증가시키는 역할을 하도록 한다. 방사소자로의 필드 여기는 접지면 밑의 유전체 층 아래에 위치한 급전선로부터 슬롯으로의 coupling으로 이루어지게 된다. 안테나의 가장 아래 부분인 접지면은 shielding plane인데, 이는 개구면 결합형 마이크로스트립 안테나의 경우, 슬롯이 양방향으로 필드를 방사하므로, 원치 않는 back radiation의 양을 줄이기 위한 것이다.

3-2 이중편파(Dual-Polarization) 구현

앞에서 살펴보았듯이 SAR 시스템은 image resolution을 향상시키기 위하여 일반적으로 이중공진 안테나나 이중편파 안테나를 요구한다. 이중공진 안테나에서의 높은 주파수 신호는 낮은 주파수 신호에서 탐지하지 못했던 지형이나 물체에 대한 보다 정밀한 정보를 제공하며, 이중편파 안테나에서의 각 편파 신호는 두개의 동일편파와 두개의 이중편파

scattering data를 제공하므로 서로 다른 편파 특성을 지닌 이미지를 잘 구분할 수 있게 된다. 특히, 입사각이 클 경우에는 되돌아오는 신호의 편파의 특성이 많이 바뀌므로 cross-polarization SAR image가 더욱 중요하게 된다. 본 논문에서는 안테나의 이중편파를 구현하기 위하여 두개의 슬롯을 각각 수직과 수평 방향으로 orthogonal하게 내었다. 단일 안테나의 구조와 반사계수 특성은 그림 2와 같다.

SSFIP형 안테나를 설계할 때, 동작 대역폭을 증가시키기 위하여 대부분 유전율이 낮으면서 두께가 두꺼운 폼을 선택한다. 그러나 두꺼운 유전체 층으로 인하여 급전선으로부터 방사소자에 coupling되는 양이 감소하므로 안테나 전체의 정합 특성이 저하된다. 일반적으로 안테나의 입력 임피던스를 정합시키기 위하여 슬롯의 크기를 증가시키지만, 큰 크기의 슬롯은 안테나 뒷부분으로의 방사량을 증가시킬 뿐만 아니라, 이중 편파 구현 시 두 슬롯 사이의 거리가 가까워지므로 두 포트 간 고립도가 낮아지는 단점이 있다. 따라서, 본 논문에서는 두 슬롯 간의 거리를 적당히 두면서 슬롯의 폭과 길이를 늘리지 않고도 coupling 량을 증가시킬 수 있는 dogbone 형태의 슬롯을 설계하였다^[6].

슬롯의 구조는 그림 2(a)와 같이 일반적인 사각 슬롯의 양쪽 끝부분에 삼각형 모양의 슬롯이 위 아래 또는 좌우에 위치한 형태로써 슬롯 끝부분이 원모양인 dog-bone 슬롯에 비하여 설계와 제작이 용이한 장점이 있다. 또한, 슬롯에서 삼각형 부분의 크기와 꺾인 각도에 따라 공진 주파수와 정합 특성이 조금씩 달라지므로, 이를 적절히 조절하여 원하는 특성을 얻을 수 있다. 본 논문에서는 이러한 삼각형 형태의 dog-bone 슬롯 구조를 이용함으로써, 사각 구조의 슬롯보다 슬롯 전체의 폭과 길이를 줄일 수 있었고, 슬롯이 방사소자 밖으로 길게 나가지 않아 안테나 배열 시 배열 소자 간의 영향 또한 줄일 수 있었다.

그림 2(b)는 이중편파가 구현된 단일 안테나의 특성을 나타낸다. 반사계수 그래프로부터 두 포트 모두 약 5.3 GHz에서 공진 특성을 지니며, VSWR=1.5를 기준으로 약 300 MHz의 대역폭을 지님을 알 수 있다. 또한, S_{12} level로부터 약 -30 dB 정도의 포트 간 고립도 특성을 가짐을 알 수 있다.

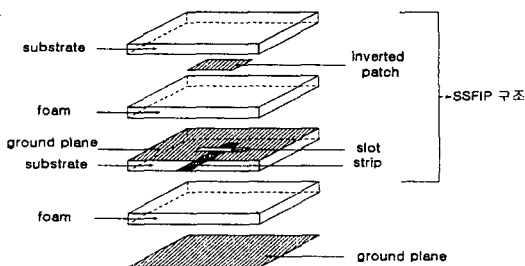
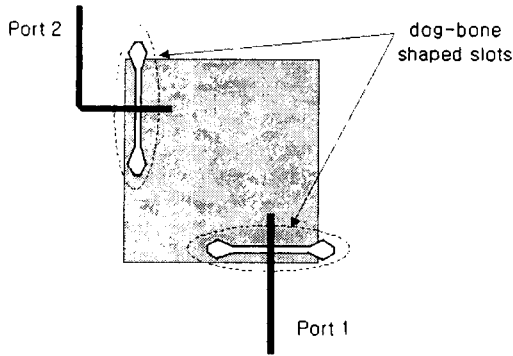
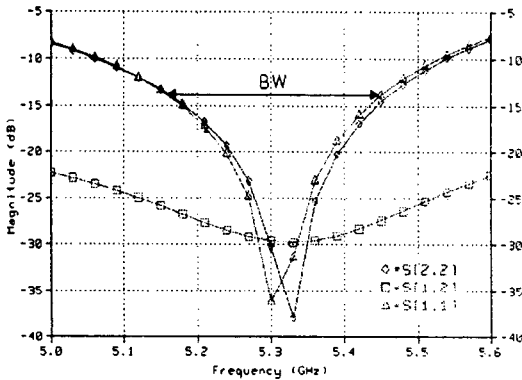


그림 1. 단일 안테나의 구조
Fig. 1. Geometry of the single antenna.



(a) 이중편과 단일 안테나의 구조
(a) Geometry of a dual-polarized antenna



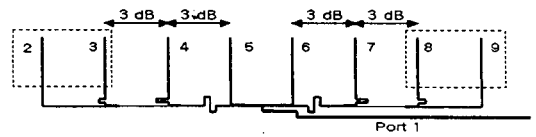
(b) 반사계수 특성
(b) Return loss of a antenna

그림 2. 이중편과 단일 안테나
Fig. 2. Dual-polarized slot coupled patch antenna.

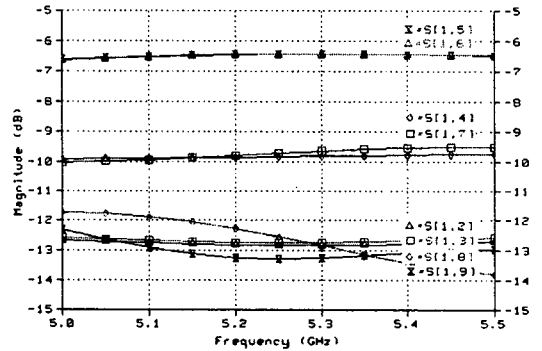
3-3 8×4 배열 안테나 설계

전체 안테나의 구조는 8×1 배열 안테나를 sub-array로 하여, elevation 방향으로 0.8 λ₀의 간격을 두고 배열이 4배 확장된 형태이다. 따라서, 각 sub-array 간의 coupling량을 줄이기 위하여 급전기가 최대한 방사 소자에 근접하도록 series/parallel 형태로 8×1 배열 안테나의 급전기를 설계하였다.

그림 3과 같이 8×1 배열 안테나의 급전기는 안테나가 azimuth 방향으로 약 10°의 빔 폭을 갖도록 0.7 λ₀의 간격으로, 중심으로부터 전력이 3 dB씩 줄



(a) 구조
(a) Feed structure

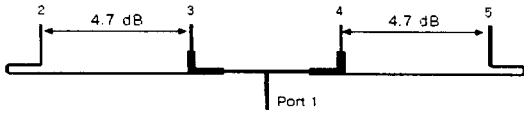


(b) 전력분배 특성
(b) Power division characteristics

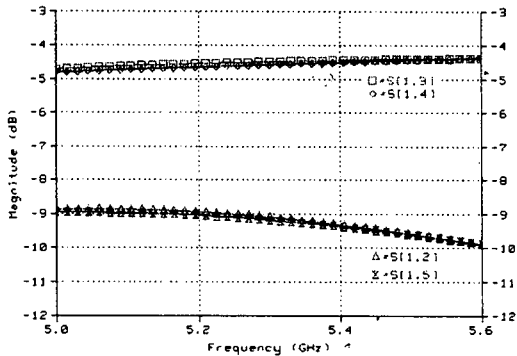
그림 3. 8×1 sub-array 급전기
Fig. 3. 8×1 sub-array feed network.

어드는 3 dB tapered feed network으로 구성되었다. 각 소자에 급전되는 전력은 0.25:0.25:0.5:1:1:0.5:0.25:0.25 이며, 위상은 동일하다. 그림 3 (b)의 전력 분배 특성을 살펴보면, 이상적인 결과와 거의 비슷하나 8번과 9번 포트의 급전이 2번과 3번 포트의 급전과 약간의 차이를 보인다. 이는 실제로 구현된 급전기에서 1번 포트가 급전기 오른쪽으로 길게 나오기 때문에 입력 포트와 급전기 오른쪽 부분의 포트 간 상호 coupling으로 인한 것으로 사료된다. 또한, 1×4 배열 안테나의 급전기는 그림 4와 같이 elevation 방향으로 약 20°의 빔 폭과 -20 dB 이하의 SLL을 얻기 위하여 0.8 λ₀의 간격으로 0.34:1:1:0.34의 전력 비와 동일한 위상을 갖도록 설계하였다.

그림 5는 8×4 배열 안테나의 설계된 모습이다. 그림에서 보면 알 수 있듯이 series/parallel 형태의 급전기로 8×1 배열 안테나의 크기를 줄임으로써 각 sub-array 간의 coupling을 최소화할 수 있었으며, 전체 안테나의 크기도 줄일 수 있었다.



(a) 구조
(a) Feed structure



(b) 전력분배 특성
(b) Characteristics of the power division

그림 4. 1×4 sub-array 급전기
Fig. 4. 1×4 sub-array feed network.

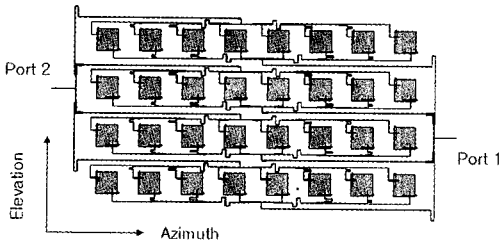


그림 5. 8×4 배열 안테나
Fig. 5. Geometry of the 8×4 array antenna.

IV. 실험 및 결과 분석

4-1 8×4 배열 안테나의 제작

안테나 각 층의 특성은 다음과 같다. 패치와 급전기 위 부분의 유전체 층은 $\epsilon_r=3.38$ 이고, 두께가 $h=0.508$ mm인 Rogers 사의 RO4003 기판이다. 이 유전체 층은 glass reinforced hydrocarbon/ceramic laminates로써 높은 주파수나 높은 온도에서도 비교

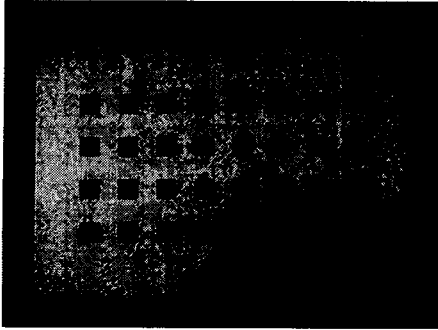
적 일정한 유전율을 유지하며, 삽입손실이 작으므로 airborne와 space-borne에 사용되는 SAR 시스템에 적절한 것으로 사료된다. 또한, 안테나 자체의 구조적 안정성을 향상시키기 위하여 HRH-10-1/8-5.0 허니콤을 이용하였다. 이의 유전율은 1.1이며, 두께는 패치 아래 부분의 허니콤이 $h=2.54$ mm, 접지면 위 부분의 허니콤이 $h=13$ mm이다. 안테나의 각 층을 접착시키기 위하여 RO4003과 유전율이 비슷한 $\epsilon_r=3.17$ 이며, 두께가 $h=0.1$ mm인 RO4403 prepreg를 이용하였다. 안테나 각 층을 순서대로 맞춘 후, 0.26 Mpa의 압력을 유지하면서 상온에서 250° F 경화 온도까지 4.33° F/min으로 승온하고 250° F에서 90분 경화시킨 후 상온까지 8.66° F/min 으로 냉각시키는 오토클레이브 환경 조건 하에서 경화, 접착, 제작하였다. 그림 6은 제작된 안테나의 모습이다. 안테나의 전체 크기는 40×30 cm이며, 두께는 17.5 mm 이다.

4-2 안테나의 전기적 특성 실험

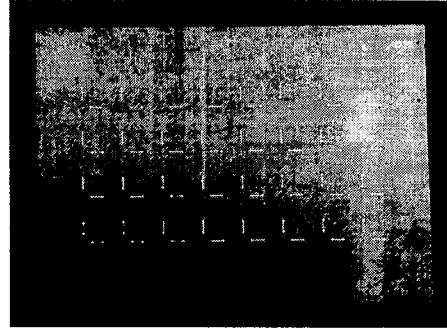
안테나의 전기적 특성 실험은 반사계수와 방사 패턴, 안테나의 이득을 측정하는 세가지 실험을 수행하였다. 그림 7은 안테나의 반사계수 특성을 나타낸다. 이중편파를 형성하는 두 급전 부분에서의 반사계수가 모두 5.3 GHz에서 약 -33 dB 정도의 좋은 특성을 보인다. 대역폭은 2번 포트가 1번 포트에 비해 비교적 좁아 전체 안테나의 대역폭은 VSWR 1.5를 기준으로 약 80 MHz 정도임을 알 수 있다. 이는 8×1 배열 안테나에서 포트 2가 포트 1에 비해 급전점이 많음에 따라 sub-array 자체의 반사계수 특성에 영향을 받은 것으로 사료된다. 그림 8은 두 입력 포트 간의 고립도를 나타낸 것인데, -40 dB 이하의 값으로 서로 간의 영향이 거의 없음을 알 수 있다.

그림 9와 10은 포항공대의 Compact Range에서 안테나의 방사패턴을 측정된 결과이다. 이는 한 쪽 입력 포트를 중단시키고, 다른 입력 포트를 연결하여 co-polarization과 cross-polarization의 방사패턴을 측정된 것이다.

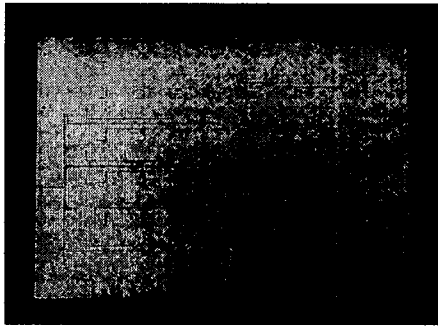
그림 9는 안테나 azimuth plane의 8 소자에 대한 방사패턴을 측정된 것인데, (a)와 같이 포트 2를 중



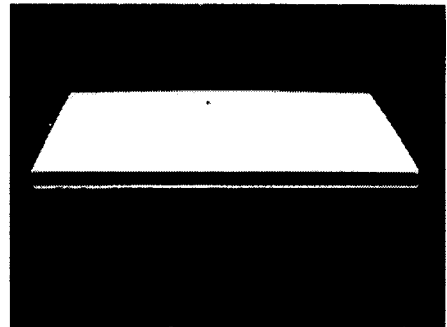
(a) 방사소자
(a) radiator



(b) 슬롯
(b) slot

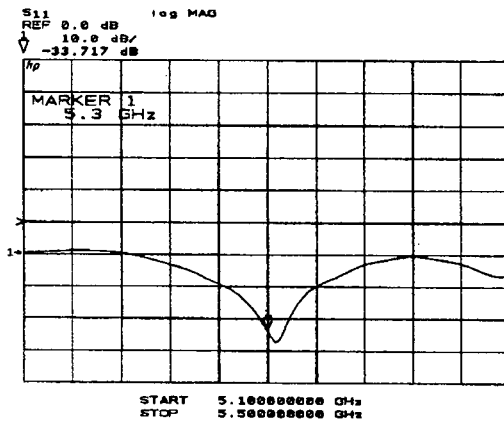


(c) 급전기
(c) feed network

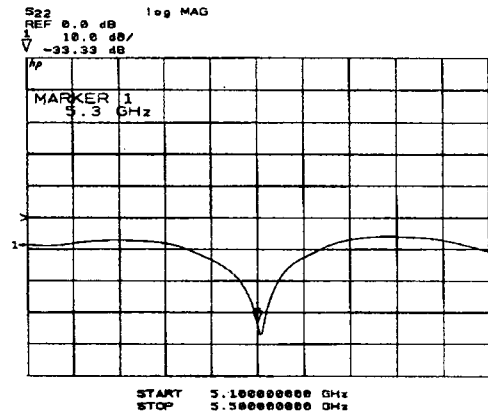


(d) 전체 모습
(d) antenna structure

그림 6. 제작된 안테나의 모습
Fig. 6. Implemented 8×4 array antenna.



(a) S_{11}



(b) S_{22}

그림 7. 반사계수 특성
Fig. 7. Measured return loss of the antenna.

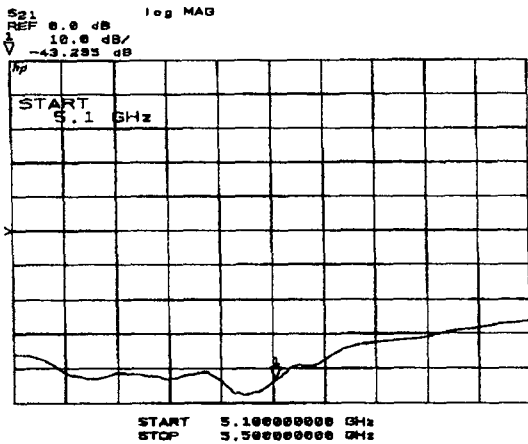
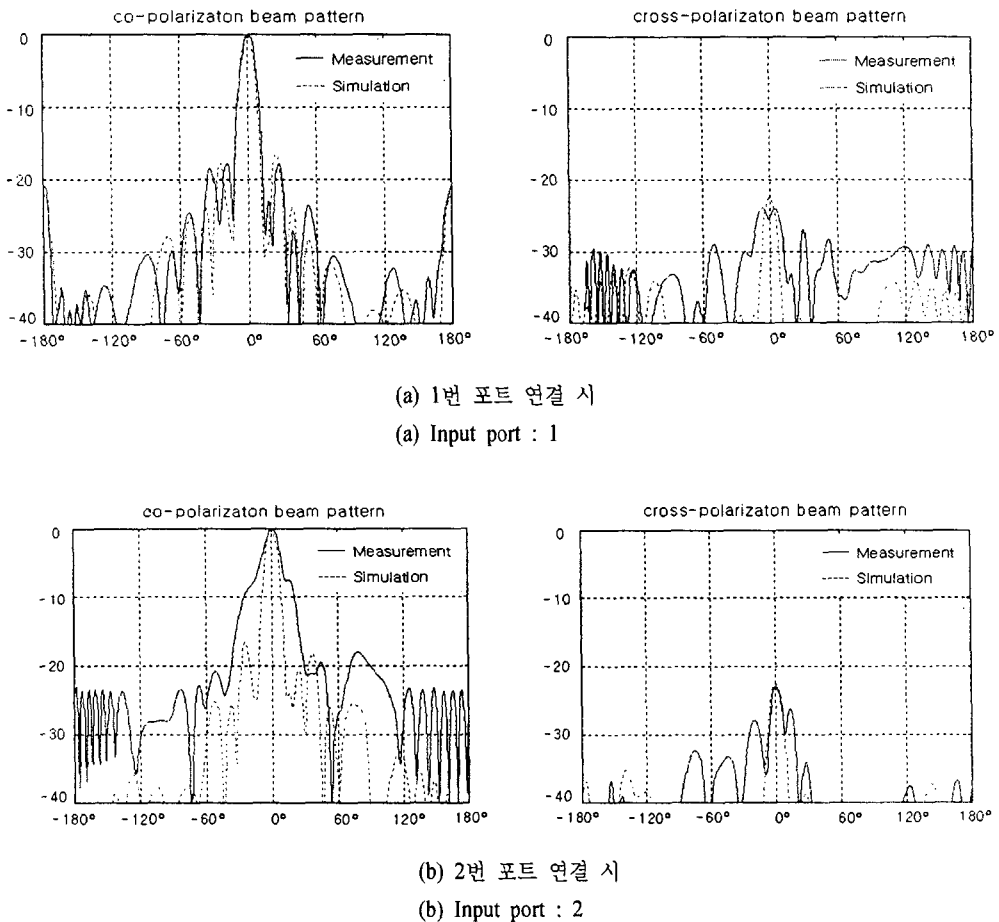


그림 8. 포트 간 고립도 특성
Fig. 8. Isolation characteristics between two ports.

단시키고 포트 1을 연결시켰을 경우는 시뮬레이션 결과와 실제 측정 결과가 거의 유사하게 나왔으나 (b)와 같이 포트 1을 중단시키고 포트 2를 연결시켰을 경우는 시뮬레이션 결과보다 측정에서의 주빔이 더 넓어진 것을 알 수 있다. 그러나, 원하는 -3 dB 빔 폭은 모두 약 10° 로써 이론 값과 일치한다. 또한, cross-polarization 신호가 주빔 영역에서 -25 dB 이하의 낮은 level을 가지며, front-to-back ratio도 -20 dB 이하의 낮은 값을 지님을 알 수 있다.

그림 10은 elevation plane의 4 소자에 대한 방사 패턴이다. 두 패턴 모두 약 20° 의 -3 dB 빔 폭과 -25 dB 정도의 cross-polarization level로 안테나의 사양을 잘 만족시키며, SLL도 비교적 낮게 나온 것을 알 수 있다. 특히 SAR 시스템의 range ambiguity



(a) 1번 포트 연결 시
(a) Input port : 1

(b) 2번 포트 연결 시
(b) Input port : 2

그림 9. 안테나의 azimuth plane 방사패턴 (8-array)
Fig. 9. Copolar and cross-polar patterns of the 8-element array.

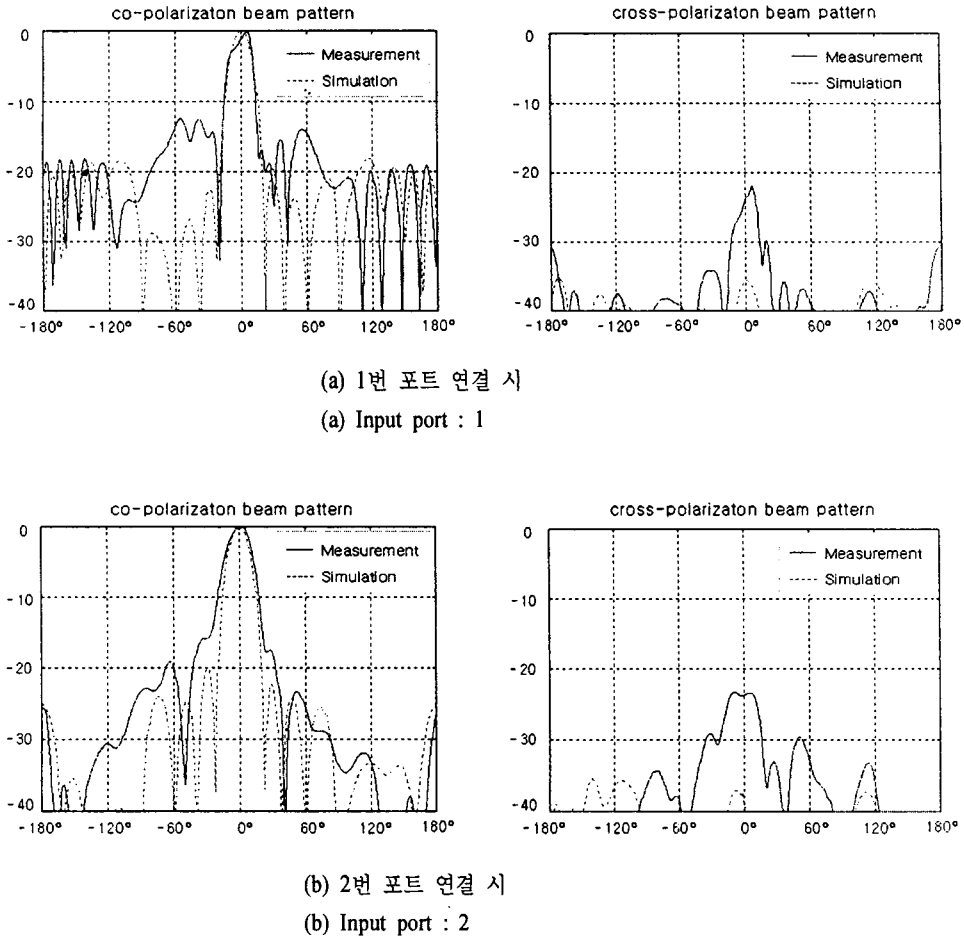


그림 10. 안테나의 elevation plane 방사패턴 (4-array)

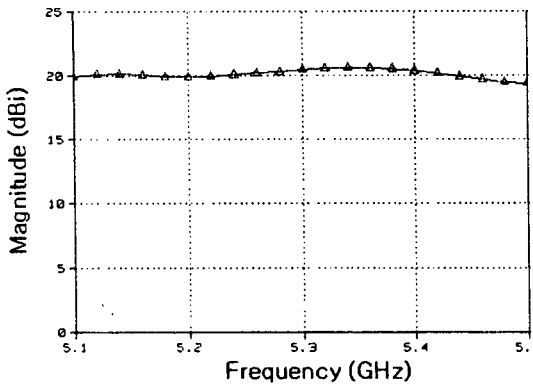
Fig. 10. Copolar and cross-polar patterns of the 4-element array.

를 줄이기 위하여 elevation 방향 빔의 SLL이 가능한 낮아야 하는데 본 안테나는 각각 -15 dB와 -20 dB의 낮은 SLL을 갖는다. 또한 back radiation 패턴으로부터 $\lambda/4$ 만큼 밑에 위치한 접지면으로 인하여 원치 않는 뒷부분으로의 방사가 거의 이루어지지 않음을 알 수 있다.

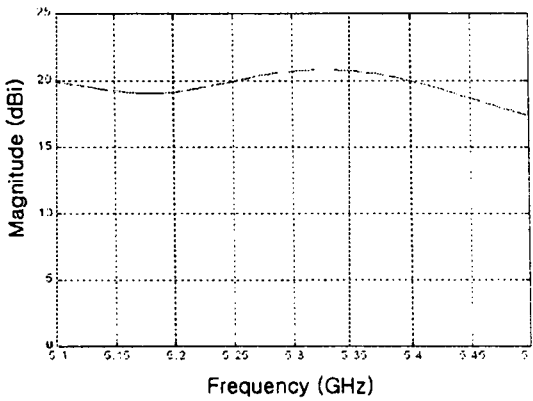
그림 9와 10을 살펴보면, 그림 9(a)와 그림 10(b)의 방사패턴은 시뮬레이션 결과와 측정 결과가 거의 일치하는 반면, 그림 9(b)와 그림 10(a)의 경우는 측정 결과가 시뮬레이션 결과와 달리 주빔이 넓어지거나 SLL이 전체적으로 높아지는 경향을 보인다. 각 패턴의 공통점은 전자의 경우는 단일 안테나를 중심으로 H-plane으로 배열이 이루어진 것이고 후자의 경우는 E-plane으로 배열이 이루어진 것이다.

또한 전자는 측정 시 수직 편파가 co-polarization인 경우이며, 후자는 수평 편파가 co-polarization인 경우이다. 따라서 두 패턴의 차이가 실제로 단일 소자의 배열 방향에 따른 것인지, 안테나 측정 시의 편파 특성에 따른 측정 오차인지에 대한 원인 분석이 이루어져야 하겠다.

그림 11은 안테나의 이득 특성을 나타낸 것이다. 시뮬레이션 결과와 측정 결과 모두 약 20 dBi로 주파수에 따라 거의 일정함을 보여준다. 측정 결과는 EMCO Model 3115 Double-Ridged Guide Antenna를 기준으로 이득을 환산한 것이다. 안테나의 지향성은 식 (1)로부터 구할 수 있는데, 본 안테나는 $\theta_{1d}=10^\circ$ 이고 $\theta_{2d}=20^\circ$ 로 약 22 dBi의 지향성을 가진다^[7]. 이로부터 안테나의 효율이 약 70 %임을 알



(a) 시뮬레이션 결과
(a) simulation result



(b) 측정 결과
(b) measurement result

그림 11. 주파수에 따른 gain 특성
Fig. 11. Gain of the antenna.

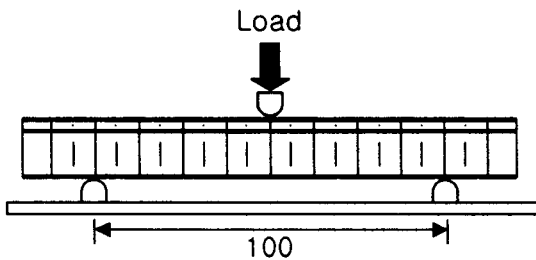


그림 12. 3점 굽힘 실험 setup (mm)
Fig. 12. Test setup for 3-point bending test.

수 있다.

$$D = \frac{32,400}{\Theta_{1d} \Theta_{2d}} \quad (1)$$

Θ_{1d} = half-power beamwidth in one plane (degrees) = 10°

Θ_{2d} = half-power beamwidth in at a right angle to the other (degrees) = 20°

4-3 안테나의 기계적 특성 실험

본 실험은 안테나 각 층 사이에 허니콤을 삽입했을 경우, 안테나의 구조적 특성을 알아보하고자 한 것이다. 실험은 3점 굽힘 실험과 충격 실험으로 이루어진다.

3점 굽힘 실험은 그림 12와 같은 구조에서 Shimadzu사의 UTM Autograph를 이용한 2 mm/min의 변

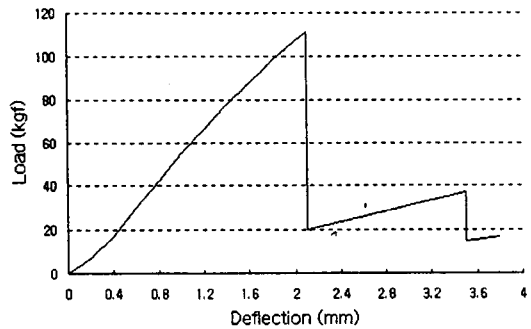


그림 13. 3점 굽힘 실험 결과

Fig. 13. Load-deflection diagram for 3-point bending test.

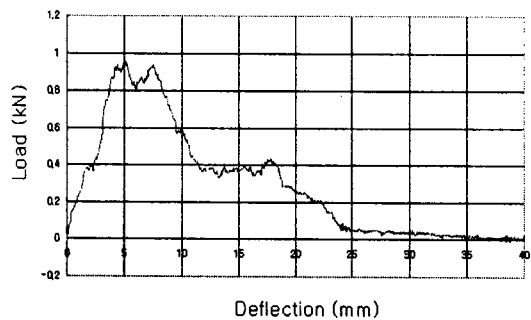


그림 14. 충격 하중 실험 결과

Fig. 14. Load-deflection diagram for dropped weight impact test.

위제어 하에서 수행하였다. 이는 안테나와 같은 구조의 시편에 굽힘을 주어 시편이 어느 정도의 하중까지 견디는지를 알아보는 실험이다. 그림 13은 3점 굽힘 실험에 대한 결과 그래프이다. 그림에서 보면 알 수 있듯이 하중이 110 kg가 될 때 인장 응력을 받은 가장 밑에 있는 접지면이 두 쪽으로 끊어져 파단이 일어났고, 첫 번째 파단 이후에는 위 부분의 허니콤과 두 안테나 층이 힘을 지탱하게 되는데 다시 하중이 39 kg가 되면 두 번째 파단이 일어나며 더 이상 안테나 구조물은 힘을 지탱하지 받지 못하게 되었다.

충격 실험은 11.9 kg의 추를 약 2.8 m/s의 속도로 낙하시켜 안테나의 최대 충격 하중을 알아보는 것이다. 그림 14로부터 본 안테나가 최대 0.96 kN의 하중을 견딜 수 있음을 알 수 있다.

두 실험으로부터 허니콤이 안테나 각 층에 삽입됨으로써, 전단 변형에 대한 저항력이 커져 안테나 구조 자체가 굽힘 강성이 증가되고, 충격 하중에 대해서도 비교적 견고함을 알 수 있었다.

V. 결 론

본 논문에서는 SAR 시스템에 적합한 이중편파 하중 지지형 마이크로스트립 안테나를 전기적 특성과 기계적 특성을 모두 고려하여 설계, 제작하였다. 특히 polarization purity를 높이기 위하여 이중편파 구현 시 dog-bone 형태의 슬롯을 이용하였고, 안테나 뒷부분으로의 방사를 줄이기 위하여 슬롯으로부터 $\lambda/4$ 만큼 떨어진 위치에 접지면을 대었다. 또한 구조적 안정성을 고려하여 안테나 각 층 사이에 허니콤을 삽입하였다. 시뮬레이션 결과와 실험 결과로부터, 본 안테나는 반사계수와 방사패턴, cross-polarization level, 각 포트 간의 고립도 모두 설계하고자 했던 안테나의 사양에 잘 맞음을 알 수 있었고, 3점 굽힘 실험과 충격 하중 실험을 통하여 안테나의 전단력과 강도, 강성 등이 증가됨을 알 수 있었다. 향후 본 안테나의 구조가 SAR 시스템뿐만 아니라 다른 이동 통신 시스템에도 응용될 수 있도록 이에 대한 지속적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] Ralph Pokuls, Jaroslav Uher, and D. M. Pozar, "Dual-Frequency and Dual-Polarization Microstrip Antennas for SAR Applications," *IEEE Trans. Antennas Prop.*, vol. 46, no. 9, pp. 1289-1296, Sep., 1995.
- [2] F. Rostan, E. Heidrich, and W. Wiesbeck, "Dual Polarized Multilayer Aperture-Coupled Patch Antennas for Spaceborne Application in C- and X-Band," *Proc. Intern. Conf. Electromagnetics aerospace applications.*, pp. 14-17, Sep., 1993.
- [3] Lotfollah L. Shafai, Walid A. Chamma, Mohamed Barakat, Peter C. Strickland, and Guy Seguin, "Dual-Band Dual-Polarized Perforated Microstrip Antennas for SAR Applications," *IEEE Trans. Antennas Prop.*, vol. 48, no. 1, pp. 58-66, Jan., 2000.
- [4] Keith R. Carver and James W. Mink, "Microstrip Antenna Technology," *IEEE Trans. Antennas Prop.*, vol. AP-29, no.1, pp. 2-24, Jan., 1981.
- [5] J. F. Zucher, "The SSFIP: A Global Concept for High Performance Broadband Planar Antennas," *Elect. Lett.*, vol. 24, no. 23, pp. 1433-1435, Nov., 1988.
- [6] J. F. Zucher and F. E. Gardiol, *Broadband Patch Antennas*, Artech House, 1995.
- [7] C. A. Balanis, *Antenna theory and analysis and design*, John Wiley & Sons, 1997.

이 라 미

1999년 2월: 연세대학교 전파공학과(공학사)
1999년 3월~현재: 포항공과대학교 전자컴퓨터공학부 석사과정
[주 관심분야] 안테나 설계, EMI/EMC, 초고주파 능동 수동 소자

황 윤 봉



1982년: 한양대학교 정밀기계공학과(공학사)
1985년: SUNY at Buffalo 기계항공공학과(공학석사)
1988년: SUNY at Buffalo 기계항공공학과(공학박사)
1988년~1989년: 포항공과대학교 기계공학과 연구원
1989년~1995년: 포항공과대학교 기계공학과 조교수
1995년~현재: 포항공과대학교 기계공학과 부교수
[주 관심분야] 복합재료, 구조역학, 진동제어

이 정 수



2000년 2월: 충남대학교 전파공학과(공학사)
2000년 3월~현재: 포항공과대학교 전자컴퓨터공학부 석사과정
[주 관심분야] 안테나 설계, EMI/EMC, 초고주파 능동 수동 소자

박 위 상



1974년: 서울대학교 전자공학과(공학사)
1982년: University of Wisconsin-Madison 전기공학(공학석사)
1986년: University of Wisconsin-Madison 전기공학(공학박사)
1986년~1988년: Wichita State University 객원조교수
1988년~현재: 포항공과대학교 전자전기공학과 조교수, 부교수, 정교수
[주 관심분야] 초고주파공학, 안테나공학, 마이크로스트립 위상배열 안테나 설계

박 현 철



1974년: 서울대학교 기계공학과(공학사)
1981년: 미국 U. of Iowa 기계공학과(공학석사)
1985년: 미국 U. of Iowa 기계공학과(공학박사)
1985년~1986년: 미국 U. of Iowa

객원조교수
1986년~1992년: 포항공과대학교 기계공학과 조교수
1992년~1999년: 포항공과대학교 기계공학과 부교수
1999년~현재: 포항공과대학교 기계공학과 교수
[주 관심분야] 적응구조, 응용역학, 소음진동