

# 고감도 EM 센서용 24 GHz 마이크로스트립 패치 배열 안테나 24 GHz Microstrip Patch Array Antenna for High Sensitivity EM Sensor

정 영 배 · 정 창 원\*

Young-Bae Jung · Chang-Won Jung\*

### 요 약

본 논문에서는 고감도 EM 센서용으로 적용되는, 고이득의 소형 마이크로스트립 배열 안테나 구조를 제안하였다. 안테나의 동작 주파수는 24 GHz 대역이며, 안테나의 기본 구조는 배열 중간에 급전점이 위치하고 급전점으로부터 체비셰프(Chebyshev) 다항식에 의한 대칭적인 패턴을 갖는다. 또한, 배열 안테나의 양 측면에 빔 폭 가변을 통하여 지향성을 증가시키기 위한 측면 날개를 부가함으로써 배열의 크기를 확장하지 않고 안테나의 이득을 향상시켰다. 또한, 본 구조를 사용하는 경우, 안테나의 동작 주파와 부엽 레벨(side-lobe level)은 이득과 관계없이 그대로 유지되었으며, 면밀한 측정을 통하여 설계 결과를 검증하였다.

### Abstract

Low cost patch array antenna for high sensitivity electromagnetic(EM) sensor is presented. The operating frequency band of the antenna is 24.05~24.25 GHz. Array structure is the symmetrical pattern by Chebyshev polynomial and the feed point is located in the middle of the array. Also, the gain of the array antenna can be increased by the side wings which are connected with the ground plane. It is proved through simulation and the measurement results that the operating frequency and the side-lobe level(SLL) are rarely changed when the inclined angle of the side wings is varied.

Key words : High Sensitivity, EM Sensor, Patch Array Antenna, Chebyshev Array, Side Wings

## I. 서 론

마이크로스트립 패치 안테나는 소형, 경량으로 다양한 구조로 제작이 가능하며, 낮은 제작 비용과 제작의 용이성과 더불어 집적화에 유리하다는 장점을 가지고 있다. 또한, 평판 형태의 구조적 특징으로 인하여, 배열 안테나 설계에 용이하여 고 이득이 요구되는 다양한 통신 시스템에 널리 사용되어 왔다. 그러나, 밀리미터파를 포함한 고주파(high frequency) 대역에서는 마이크로스트립 구조가 갖는 협소한 대역폭과 저 전력 및 효율이 낮다는 단점들로 인하여

그 사용이 제한되어 왔으며, 이러한 문제를 극복하기 위하여 고 효율 및 고 이득 특성을 구현하기 위하여 다양한 도파관이나 혼 안테나 등의 3차원 기구 형상을 갖는 안테나들이 주로 사용되어 왔다<sup>[1],[2]</sup>.

이러한 평판 구조의 마이크로스트립 안테나는 고 주파 대역에서 낮은 효율을 극복하기 위하여 이득 개선을 위한 배열 설계 및 그 배열의 크기를 확장하는 방식으로 활용되어 왔다.

본 논문에서는, 고주파 대역에서 마이크로스트립 평판 안테나를 적용하기 위하여 배열의 크기를 확장하지 않고 이득이나 대역폭을 개선하기 위한 새로운

「본 논문은 2010년도 교육과학기술부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2010-0003086).」

한국전자통신연구원(Electronics and Telecommunications Research Institute)

\*서울과학기술대학교 NID 융합기술대학원(Graduated School of NID Fusion Technology, Seoul National University of Technology)

· 논문 번호 : 20100602-073

· 교신저자 : 정창원(e-mail : changwoj@snut.ac.kr)

· 수정완료일자 : 2010년 9월 2일

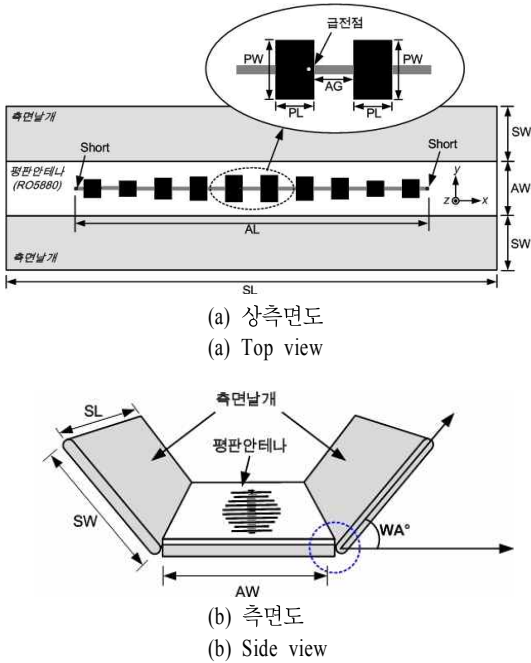


그림 1. 측면 날개가 연결된 제안된 안테나의 구조도  
Fig. 1. Detailed structure of the proposed antenna with side wings.

구조를 제안한다. 본 안테나는 그림 1에 도시된 바와 같이, 평판형 배열 안테나의 양쪽에 안테나 그라운드와 연결된 측면 날개(side wings)를 부가하고, 안테나 그라운드를 기준으로 측면 날개가 이루는 경사각  $WA$ 를 조절할 수 있는 구조적 특징을 갖는다. 이를 통하여, 측면 날개의 경사 각에 따라 안테나의 빔폭이 가변될 수 있으며, 지향성 향상을 통한 이득 개선 효과를 이루었다. 또한, 본 안테나 10개의 소자가 직렬로 배열되었으며, 좌, 우 대칭 구조를 가지며, 대칭이 되는 각 5개 소자의 패치 폭(PW)을 달리 함으로써 체비세프 배열 구조를 이룸으로써 부엽 레벨을 효과적으로 개선하였다<sup>2)</sup>. 그림 2는 제안된 안테나의 측면 날개 각도 제어를 위한 체결 구조를 도시하고 있다. 본 구조와 나타난 바와 같이, 금속으로 제작된 평판형 측면 날개는 안테나의 그라운드와 유사 경첩 형태로 연결되어 있으며, 경첩의 중심 회전축을 기준으로 회전각이 조절될 수 있다. 또한, 회전각 조절에 따른 두 개의 금속판을 지지하기 위하여, 그라운드와 측면 날개의 일 측에 또 다른 회전축과 각 회전축을 연결하는 ‘U’자형 지지물을 나사를 통

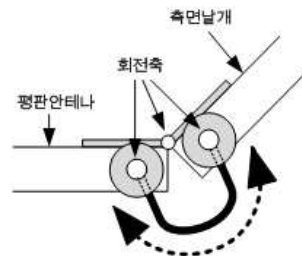


그림 2. 제안된 안테나의 각도 제어 구조  
Fig. 2. Angle control structure of the proposed antenna.

하여 고정시키도록 하였다.

제안된 안테나의 성능 검증을 위하여, 측면 날개를 경사각을 달리하여 시뮬레이션 하였으며, 측정을 통하여 확인하였다.

## II. 체비세프 배열 안테나 설계

제안된 안테나의 전기적 요구 사양은 다음과 같다.

- 동작 주파수: 24.05 ~ 24.25 GHz
- 안테나 이득: > 18 dBi
- HPBW: > 50°(yz-평면)
- HPBW: < 10°(xz-평면)
- 부엽 레벨: > 15 dB
- 편파 특성: 직선 편파

전기적 요구 사양을 만족시키기 위하여 상술한 바와 같이 측면 날개를 부착한 형태의 평판 안테나를 다음과 같이 설계하였다.

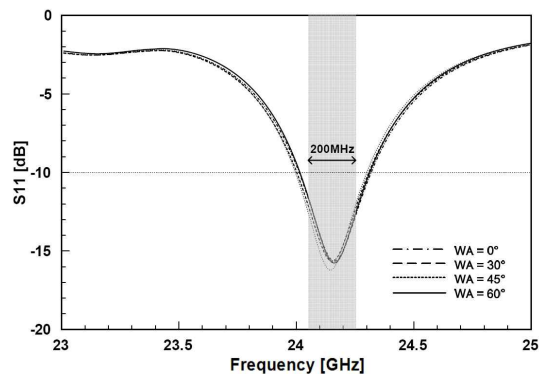


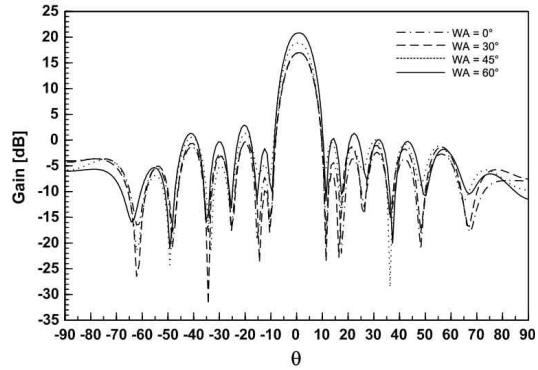
그림 3.  $WA=0^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$ 에서 시뮬레이션된 반사 손실  
Fig. 3. Simulated return losses at  $WA=0^\circ, 30^\circ, 45^\circ$ , and  $60^\circ$ .

그림 1에 도시된 안테나 구조도를 참고로, 설계된 배열 안테나의 크기는  $SL=160$  mm,  $SW=14.4$  mm,  $AL=83$  mm이다. 기판은 유전율( $\epsilon_r$ ) 2.3의 Rogers 5880™을 사용하였으며, 두께는 0.5 mm이다. 급전부는 중앙으로부터 왼쪽으로 2.6 mm 길이의 지점이며, 이는 동작 주파수 24 GHz 대역에서 입력 임피던스 정합을 갖도록 최적화 되었으며, 양쪽 배열 끝은 비아를 통해 단락되었다<sup>[3],[5]</sup>.

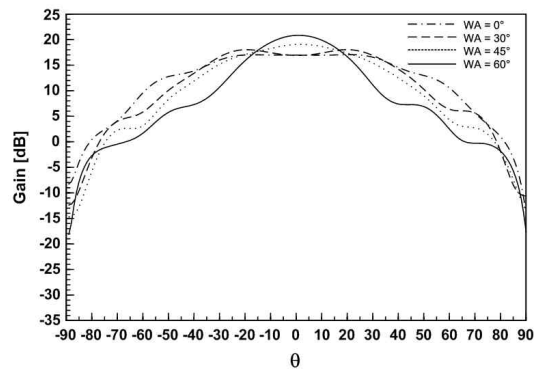
상술한 바와 같이, 배열 소자의 개수는 10개이며, 패치와 전송 선로의 길이는  $PL=4.1$  mm,  $AG=4.2$  mm이다. 또한, 10개의 소자 중, 중심에 위치한 가장 큰 크기를 갖는 2개 소자(그림 1(a)의 상단 원형 내부 그림 참조)의 폭 PW를 기준으로, 좌우 대칭인 각 5개의 소자의 패치 폭 비율  $PW=[1, 0.92, 0.8, 0.55, 0.7]$ 이다. 이 비율은 부엽 레벨 낮추기 위한 체비셰프 배열을 따른 설계 수치이다<sup>[6],[7]</sup>. 본 설계를 통하여 부엽 레벨을 효과적으로 개선할 수는 있었으나, 제한된 크기 내에서 배열 소자의 증가 없이 이득 특성을 개선할 수 없으므로, 평판 안테나 구조를 유지하면서 이득 성능을 개선하기 위한 방안으로 평판 안테나 양측에 측면 반사판을 추가하는 구조를 고안하였다. 여기서, 측면 날개의 크기는  $160 \text{ mm} \times 14.4 \text{ mm}$ 이며, 배열 안테나의 기판과 동일한 크기이다. 그림 3은 WA가 0°, 30°, 45°, 60°일 때의 CST Microwave Studio를 이용한 반사 손실 시뮬레이션 결과를 보여주고 있으며, 동작 주파수 대역(24.05~24.25 GHz)에서 최소 12 dB의 반사 손실 특성을 나타내고 있다. 또한, 본 결과를 통하여, 측면 날개의 경사각 변화에 따른 주파수 특성에는 거의 변화가 없음을 확인하였다. 그림 4는 24.15 GHz에서 측정된 제안된 안테나의 방사 패턴 결과이다.

본 결과는 측면 날개의 경사각 WA가 0°, 30°, 45°, 60°일 때의 결과로써, 경사각의 증가에 따라 안테나 빔의 반치 폭(HPBW: Half Power Beam Width)이 xz-평면에서 10°에서 8.2°로 큰 변화가 없었으나, yz-평면에서는 83°에서 35°로 약 50° 정도가 줄어들면서 지향성이 증가되었음을 확인하였다.

이에 따라 안테나의 이득은 WA가 0°에서 60°로 증가 시 16.8 dBi에서 20.8 dBi로 4 dB 정도 증가하였으며, 부엽 레벨은 경사각에 관계없이 18 dB 정도의 일정한 값을 유지하였다. 또한, 측면 날개의 경사



(a) xz-평면  
(a) xz-plane



(b) yz-평면  
(b) yz-plane

그림 4. WA=0°, 30°, 45° and 60°에서 시뮬레이션된 방사 패턴

Fig. 4. Simulated radiation patterns at WA=0°, 30°, 45° and 60°.

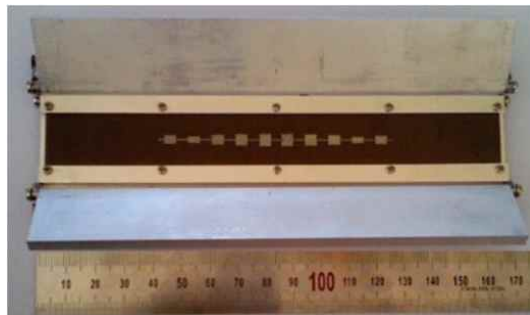


그림 5. 제작된 안테나의 실물 사진

Fig. 5. Photograph of the fabricated antenna.

각을 높이면 더 높은 이득을 얻을 수 있으나 60° 이상으로 경사각을 올릴 경우, 앞에서 언급된 EM 센서의 전기적 요구사항에서 알 수 있듯이 본 논문의

배열 안테나는 18 dB 이상의 높은 이득을 가지면서도 yz-평면 상에서 적절한 넓이 이상의 빔 폭(HPBW: >50°)을 가져야 하므로 yz-평면 상에서 35°의 반치폭(HPBW)를 갖는 경사각 60° 이상의 배열 안테나의 결과는 생략하였다.

본 결과를 통하여, 제안된 구조의 측면 날개 경사각을 조정함으로써, 빔 폭 변화를 통한 이득 개선 효과를 가져올 수 있으며, 부엽 레벨과 같은 주요한 빔 패턴 성능은 그대로 유지됨을 확인하였다.

### III. 배열 안테나 측정

II장에 서술한 안테나의 전기적 요구 사양에 부합되는 반사판의 경사각은 45°이다. 그림 4에 도시된 시뮬레이션 결과 중, 이득의 경우, WA=45° 및 60°가 사양(18 dBi)에 만족하였으나, WA=60°인 경우, 빔 폭이 협소하여 HPBW 사양(방위각 방향, 50° 이상)을 만족하지 못하였다. 이에 따라서, 일반적인 평판형 배열 안테나의 구조를 갖는 WA=0°인 경우와 적기적 요구 사양을 만족하는 WA=45°에 대한 안테나 성능을 측정하였다.

그림 5는 제작된 안테나의 제작 형상이며, 설계된 안테나의 성능을 검증하기 위하여, 무반사실(anechoic chamber)에서 Orbir사의 근접 전계 측정 시스템을 통하여 측정을 시행하였다. 또한, 측정 정밀도의 향상을 위하여, 측정 장비 스캐너의 스캐닝 피치(pitch)를 측정 주파수의 반파장 이하로 설정하였다.

우선, 그림 6은 제안 구조 안테나의 반사판 경사

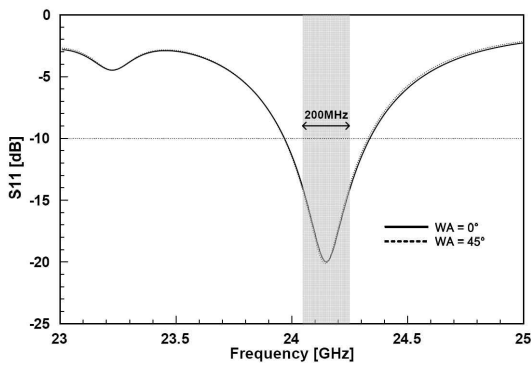


그림 6. WA=0°, 30°, 45°과 60°에서 측정된 반사 손실  
Fig. 6. Measured return losses at WA=0°, 30°, 45° and 60°.

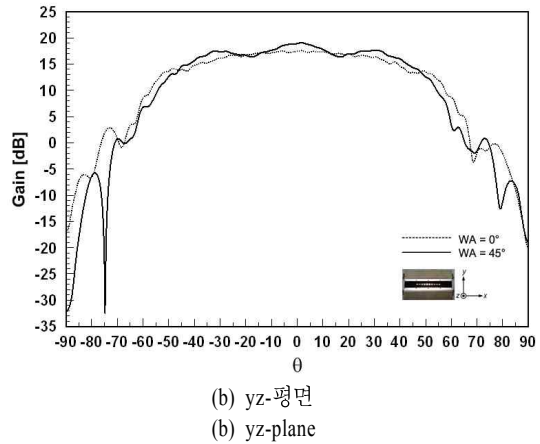
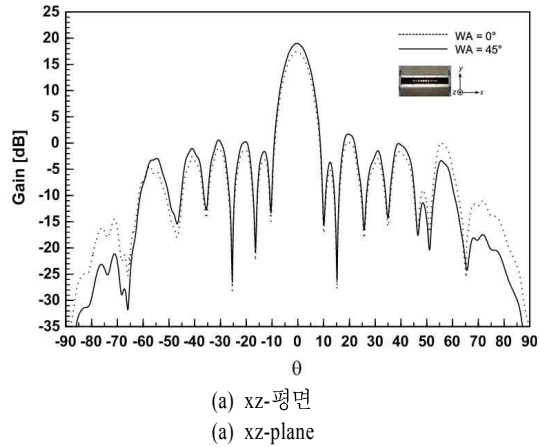


그림 7. WA=0°와 45°에서 측정된 방사 패턴  
Fig. 7. Measured radiation patterns at WA=0° and 45°.

각 WA=0°와 45°일 때의 반사 손실 측정값을 나타낸다. 중심 주파수 24.15 GHz에서의 WA의 변화에 따른 반사 손실의 측정값은 -20 dB 정도로 거의 차이가 없었고, 그림 3의 시뮬레이션 결과와 거의 일치함을 보였으며, -10 dB 이하에서 동작 주파수 대역을 모두 만족시켰다.

그림 7은 WA가 0°와 45°일 때, 24.15 GHz에서 측정된 방사 패턴이다. 측면 날개의 경사각 WA가 0°일 때, 측정된 안테나의 이득은 17.5 dBi이다. 또한, xz-평면에서 HPBW는 8°, yz-평면에서는 82°이며, 부엽 레벨은 18 dB를 얻었다. 반면, 경사각이 45°일 때, 19.5 dBi의 안테나 이득과 함께, xz-평면에서 7°, yz-평면에서는 78°의 HPBW를 보였으며, 부엽 레벨은 18 dB로 변화가 없음이 확인되었다.

상술된 측정 결과를 통하여, 시뮬레이션을 통하여 예상하였던 바와 같이, 경사각이 0°에서 45°로 증가 되면서, HPBW가 xz-평면에서는 1°, yz-평면에서는 4° 감소함으로써 지향성 향상을 통한 2 dB의 이득이 향상되었다. 또한, 부엽 레벨과 동작 주파수 특성은 측면 날개의 경사각 조정과는 무관하게 일정하게 유지되었음이 다시 한 번 확인하였다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 패치 배열 안테나에서 높은 이득을 얻기 위해서는 패치의 개수의 추가 없이 안테나의 이득을 높일 수 있는 방법을 제시하였다. 체비셰프 배열을 이용하여 부엽 레벨을 최적화 시켰으며, 측면 날개를 연결하여 패치 배열 안테나의 한정적인 이득보다 더 높은 이득을 얻을 수 있었다. 기존에 밀리미터파 대역과 같은 고주파 대역에서 널리 사용되는 도파관 및 혼 안테나에 비하여, 본 논문의 안테나는 평판형 구조로서 배열 설계에 용이하며, 제작 시 최적의 각도에 맞도록 안테나와 반사판을 일체형으로 구현함으로써 제작 비용 측면에서도 높은 경쟁력을 갖는다.

제안된 구조의 안테나는 상술한 구조적 장점을 살려 고주파 대역에서 사용되는 마이크로웨이브 센서를 포함한 다양한 어플리케이션에 적용이 가능할 것으로 보인다.

#### 참 고 문 헌

- [1] A. A. Rahman, A. K. Verma, and A. S. Ormar, "High gain wideband compact microstrip antenna with quasi-planner surface mount horn", *Proc. of IEEE MTT-S International Microwave Symp.*, 2003.
- [2] Y. B. Jung, S. Y. Eom, S. I. Jeon, and S. O. Park, "Dual-band and dual-polarized horn antenna including conical helix", *Electron. Lett.*, pp. 432-434, vol. 43, no. 8, 2007.
- [3] S. Otto, Chen, "A taper optimization for pattern synthesis of microstrip series-fed patch array antennas", *Proc. of IEEE EuWIT Conf.*, 2009.
- [4] B. Jones, F. Chow, and A. Seeto, "The synthesis of shaped patterns with series-fed microstrip patch arrays", *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, pp. 1206-1212, vol. 30, no. 6, 1982.
- [5] D. Babas, J. Sahalos, "Synthesis method of series-fed microstrip antenna arrays", *Electron. Lett.*, pp. 78-80, vol. 43, no. 2, 2007.
- [6] C. Niu, J. She, and Z. Feng, "Design and simulation of linear series-fed low-side lobe microstrip antenna array", *Proc. of Asia-Pacific Microwave Conf.*, 2007.
- [7] S. Otto, A. Rennings, O. Litschke, and K. Solbach, "A dual-frequency series-fed patch array antenna", *Proc. of IEEE EuCAP Conf.*, 2009.

#### 정 영 배



1999년 2월: 광운대학교 전자공학과 (공학사)  
 2001년 2월: 한국과학기술원 정보통신공학과 (공학석사)  
 2009년 8월: 한국과학기술원 정보통신공학과 (공학박사)  
 2001년 2월~현재: 한국전자통신연구원 선임연구원

[주 관심분야] 초고주파 수동 및 능동 부품 설계, 이동통신용 안테나, 위성 통신용 위상 배열 안테나 시스템

#### 정 창 원



2001년 12월: Univ. of Southern California 전자공학과 (공학석사)  
 2005년 6월: Univ. of California, Irvine 전자공학과 (공학박사)  
 1997년 1월~2000년 6월: LG 정보통신 연구원  
 2005년 7월~2005년 10월: Univ. of California, Irvine, Post Dr.

2005년 11월~2008년 4월: 삼성종합기술원 전문연구원  
 2008년 5월~현재: 서울과학기술대학교 NID 융합기술대학원 조교수

[주 관심분야] 안테나, RF, EMI/EMC, RF-MEMS, 센서