절전센서용 X-밴드 대역 패치 어레이 안테나 설계

채규수, 임중수, 김민년
백석대학교 정보통신학부
e-mail : gschae@bu.ac.kr

Design of an X-band patch array antenna for an energy saving system

Gyoo-Soo Chae, Joong-Soo Lim, Min-Nyun Kim
Division of Information & Communication Eng.,
Baekseok University

요 약

본 논문에서는 X-band 절전센서용 마이크로스트립 구형패치 배열 안테나의 설계 방법을 제안 하고자 한다. 제안된 배열 안테나는 송·수신 안테나가 각각 1x2배열로 구성 되었다. 안테나는 CST MWS를 사용하여 시뮬레이션 하였고 FR-4 기판(h=1.0mm, ε_r=4.4)을 사용하여 제작하였다. 시뮬레이션 결과는 대역폭이 4%(VSWR≤2), 이득은 6.3dBi, 빔폭은 약 60°(El)/15°(Az)로 예측되었다. 안테나는 시뮬레이션 결과를 바탕으로 제작 되었고 절전센서용 RF 송수신기 회로 뒷면에 설치되어 무반사실에서 방사 특성을 측정 하였다. 측정된 결과는 대역폭이 7%(VSWR≤2), 이득은 4.8dBi, 빔폭은 약 55°(El)/15°(Az)로 시뮬레이션 결과와 매우 유사한 결과를 얻었다.

1. 서 론

최근에 세계적인 지구온난화와 환경문제가 인류의 공동 해결과제로 급부상 하고 있고 기후변화에 대응하기위한 국제적인 공조노력들이 관련 국제기구를 중심으로 활발하게 진행 되고 있다. 정부도 최근 '저탄소 녹색 성장'을 미래 비전으로 제시하면서 대대적인 홍보와 투자를 계획하고 있다[1]. 이러한 녹색성장정책들은 우리나라 뿐 아니라 주요 선진국들의 공통 관심사 이다. 산업혁명이후 급속한 경제성장으로 화석연료의 고갈이 현실적인 문제로 인식되고 이를 해결하기위한 공동 노력들이 녹색성장이라는 새로운 패러다임으로 나타나고 있다. 녹색성장은 크게 현존하는 에너지를 효율적으로 사용하는 노력과 새로운 에너지원을 찾는 두 부분으로 구분 할 수 있다. 새로운 에너지원을 찾는 것은 중장기적인 연구개발이 필요 하지만 기존 제품을 에너지 절감형으로 대체하는 기술은 단기적인 결과를 얻을 수 있고 우리나라가 선점하면 효과적인 투자가 될 것으로 생각된다[2].

본 논문에서는 이러한 세계적인 에너지 절감에 대한 관심에 부응하기위해 정부에서 권장하고 있는 에너지 절감용 시스템 구축에 사용되는 실내 전등의 효율적인 관리 장치에 사용되는 센서에 적용되는 X-밴드(10GHz)용 패치 안테나를 설계하고자 한다. 현재 사용되는 절전 센서는 적외선 검출 방식을 사용하고 있다. 적외선 방식은 검출방식과 가격 면에서 많은 장점을 가지고 있으나 장애물을 통과하지 못하는 한계 때문에 여러 가지 문제를 가지고 있다. 이러한 단점을 극복하기 위해 고주파방식을 사용하는 절전 센서 개발이 이루어 졌으나 국내에서는 자체 제작된 제품이 출시되지 않고 있다. 절전 센서를 만들기 위해서 먼저 레이더 기술이 적용된 고주파 송수신기 제작이 이루어져야하고 송수신기에 필수적으로 장착되는 안테나의 개발이 필요한 실정이다.

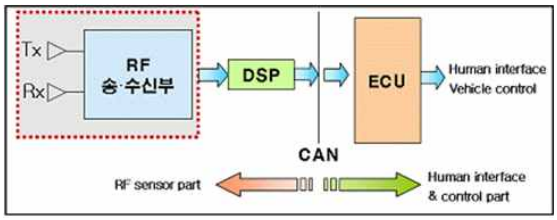
본 논문에서 X-밴드용 패치 어레이 안테나를 설계하고자 하는 이유는 현재 해외에서 출시된 일부 안테나를 분석 한 결과 기본적인 어레이 안테나 설계의 이론(안테나 배치 간격, 빔 폭 등)이 무시되고 특성이 검증 되지 않은 안테나가 대부분이었다. 그래

서 본 논문에서 X-밴드용 고주파 송수신에 적용 가능한 패치 어레이 안테나를 어레이 안테나 이론을 적용하여 설계하였고 시뮬레이션을 통해 얻어진 파라미터를 바탕으로 안테나를 제작하고 측정 하였다

2. 본론

고주파 센서에 사용될 수 있는 구형 마이크로스트립 어레이 안테나의 설계방법은 다양하게 소개되었다[4-7]. 그리고 절전용 시스템에 사용되는 패치 안테나가 소개 되었고 이미 상용제품에 적용되어 출시되었다. 그러나 앞에서 언급 한 것 같이 기본적인 어레이 이론이 적용되지 않은 안테나들이 대부분이라 전체 송수신기 개발의 국산화와 더불어 안테나를 새롭게 설계 할 필요성이 제기 되었다. 안테나를 설계하기 전에 절전센서의 구조를 알아 볼 필요가 있다. 그림 1에서 절전센서 시스템의 구성도가 나타나 있다. 송수신기 회로의 구성과 안테나 배치는 본 논문에서는 소개 되지 않았다. 기본적인 동작 구조는 송수신 부가 따로 동작 하도록 설계되는 것이다. 이에 따라 안테나 디자인 시 송수신 안테나의 특성과 배치가 결정된다. 본 논문에서는 절전센서 시스템의 RF 송·수신 안테나를 1x2배열 안테나로 설계하고자한다. 안테나는 그림 2에서와 같이 일반적인 어레이 안테나 구조로 설계되었다. 패치의 크기는 일반적인 구형 패치 설계방법에 따라 설계 하였으며 급전은 급전라인 방식으로 설계하였다[6-8].

표 1에서는 제안된 안테나의 설계 사양이 나타나 있다. 중심 주파수가 10.12GHz이고 선형 편파이며, 안테나 이득이 4dBi이상인 평면 패치 안테나이다. 그림 2는 안테나의 모양과 사용된 치수들 보여주고 있으며 안테나 구조에서 급전라인을 0.2mm로 정했는데, 제안된 구형 안테나의 입력 임피던스와 제작상의 치수 한계를 고려하여 0.2mm(110Ω)로 결정 하였다. 실제 상용으로 판매된 몇 가지 안테나의 설계에서는 안테나의 입력임피던스를 고려하지 않고 급전라인을 설계한 경우가 대부분 이었다. 표 2에서 안테나의 급전라인의 폭에 따른 임피던스 특성이 나타나 있다. 안테나의 입력임피던스와 급전라인의 임피던스를 고려하여 급전라인을 0.2mm(125Ω)로 결정 하였다.

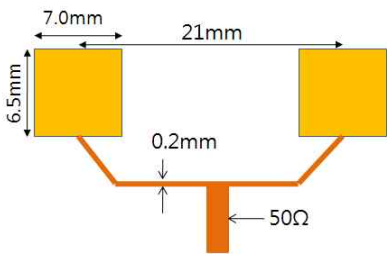


[그림 1] 절전센서 시스템의 구성도

본 논문에서 제안하는 안테나는 구형패치 안테나의 설계방법은 일반적인 방법을 사용하였으나 급전 라인 설계에서는 안테나 특성을 보다 효과적으로 설계하였다. 배열 안테나의 방사 특성을 고려하여 안테나 간의 이격거리는 중심주파수(@10.12GHz)의 반파장 길이(~17mm)로 정하였다. CST MWS를 사용하여 시뮬레이션 한 반사손실 특성이 그림 3에 나타나 있다. 안테나의 이격거리가 정확히 중심주파수의 반 파장(~15mm) 길이보다 약간 길게 조정하여 특성을 최대로 설계하였으며 대역폭은 약 4%(VSWR ≤2) 정도로 예상되었다. 그리고 2차원, 3차원 시뮬레이션 방사패턴이 그림 4에 나타나 있다. 안테나 이득은 약 6.3dBi 정도이고 빔 폭은 수직면(y-z)에서 약 60°이고 수평면(x-z)에서 15°로 안테나의 목표 사양을 만족 하는 것을 볼 수 있다. 시뮬레이션 결과에 따라 실제 절전센서 회로기판(FR-4) 뒷면에 안테나가 제작 되었고 제작된 안테나의 모양이 그림 5에 나타나 있다.

[표 1] 제안된 안테나의 설계 사양

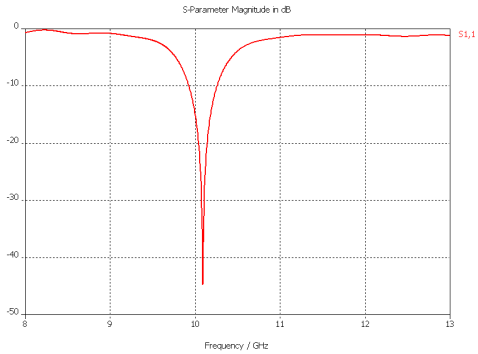
구 분	사 양
레이더 방식	CW(연속파 방식)
중심주파수	10.12GHz
대역폭	3%
안테나 이득	≥ 4dBi
안테나 빔폭	±40° El./±10° Az.



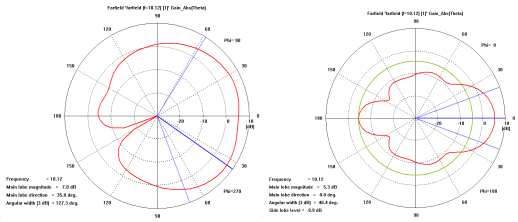
[그림 2] 제작된 안테나 모양 및 치수

[표 2] 안테나 급전라인 폭에 따른 임피던스
FR-4(h=1.0mm, ε=4.4)

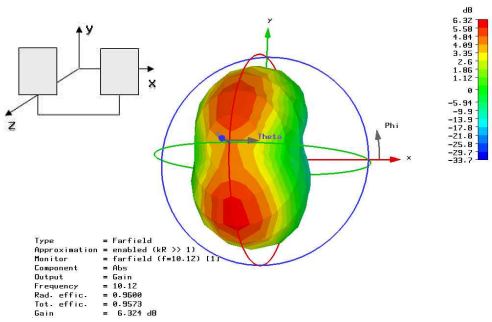
급전라인 폭(mm)	입력임피던스(Ω)
0.10	150.0
0.20	125.0
0.41	100.0
0.73	80.0
1.80	50.0



[그림 3] 시뮬레이션 반사손실

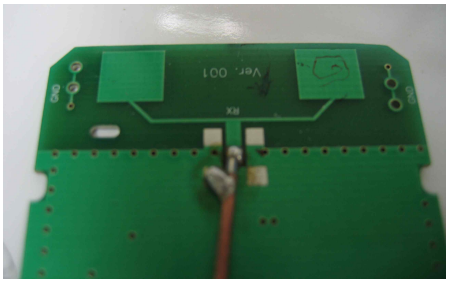


(a) (b)

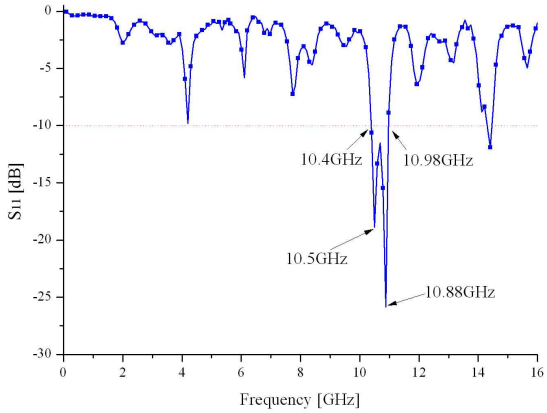


(c)

[그림 4] 시뮬레이션 방사패턴
(a) 2차원 방사 패턴(y-z plane) (b) 2차원 방사 패턴(x-z plane) (c) 3차원 방사 패턴

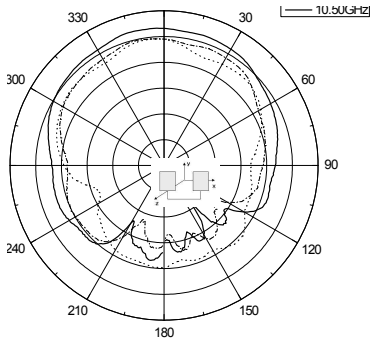


[그림 5] 제작된 안테나 사진
FR-4(h=1.0mm, εr =4.4)

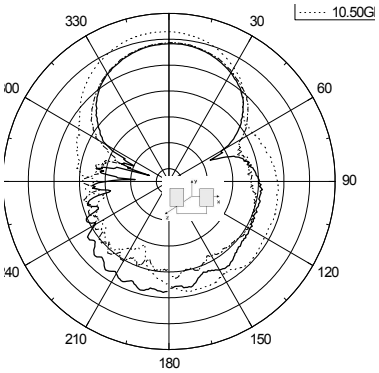


[그림 6] 안테나 반사손실 측정 결과

그림 6에서는 제작된 안테나의 반사손실 측정 결과가 나타나 있다. 안테나의 중심 주파수가 10.5GHz 정도로 원래 설계한 중심 주파수 보다 약간 높은 주파수로 설계 되었다. 대역폭은 충분히 확보 되고 있음을 알 수 있다. 중심 주파수는 추후 더 정밀하게 튜닝 할 필요가 있고 안테나에 플라스틱 커버를 씌우는 것을 고려하면 제시된 특성이 적절할 것으로 예상된다.



(a)



(b)

[그림 7] 안테나 방사패턴 측정 결과
(a) 방사 패턴(y-z plane) (b) 방사 패턴(x-z plane)

현재는 중심 주파수를 약간 이동 시킨 상태로 안테나의 방사패턴을 측정 하였으며 결과가 그림 7에 나타나있다. 측정된 안테나의 이득은 10.5GHz에서 약 4.8dBi(max) 이고 빔 폭이 55°(El)/15°(Az)로 나타났다.

3. 결론

본 논문에서는 절전 시스템용 X-밴드 대역 마이크로스트립 구형패치 배열 안테나의 설계 방법을 제안 하였다. 안테나 구성은 송수신안테나가 각각 1x2 배열로 구성되었으며, 안테나의 이득은 4dBi이상이며 대역폭은 약 7%(VSWR≤2)로 설계되었다. 그리고 안테나의 급전라인을 기존에 제시된 안테나보다 효율적인 방법으로 설계하여 이득과 대역폭을 충분히 확보 하였다. 제안된 안테나는 1x2배열이지만 향후 더 세밀한 탐지센서에 사용되기 위해서는 더 많은 수의 배열을 사용한 안테나가 설계되어야 한다.

참고문헌

[1] 윤원정, “국내외 그린 IT 정책 동향,” 정보통신산업진흥원 주간기술동향, 1394호, pp. 43-48, 2009.

[2] 황성진, “우리나라 그린 IT 추진현황 및 시사점,” 정보통신산업진흥원 주간기술동향, 1411호, pp. 27-36, 2009.

[3] "Energy efficiency-or doing more with less", EU, 2005.

[4] Andrenko, A. S., et. al., "Active Broad X-Band Circular Patch Antenna," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, Vol. 5, Issue 1, pp. 529-533, Dec. 2006.

[5] Heidari, A. A., Simrooni, M., Nakhkash, M., "Analysis and Design of an X-Band Microstrip Patch Array Antenna for ESM Application," *ICEAA 2007*, pp. 559-562, Sep. 2007.

[6] R. James and P. S. Hall, *Handbook of Microstrip Antennas*, vol. 1&2, IEEE-Series, Peter Peregrinus Ltd., 1989.

[7] Garg, Ramesh, *Microstrip antenna design handbook*, Artech House, 2001.

[8] C. A. Balanis, *Antenna theory*, 3rd edition, Wiley, 2005.