

정찰포탄용 접지선 구조를 이용한 평판형 무지향성 마이크로스트립 안테나

Low-Profile Omni-Directional Microstrip Antenna Using Wired Ground Structure For Observation Munition

표 성 민*★

Seongmin Pyo*★

Abstract

This paper proposes a novel low-profile omni-directional microstrip antenna to mount on the deployable wing of the observation munition. The proposed antenna is designed on seven hexagonal resonators in a quasi-circular array to achieve a monopolar radiation pattern with a thin substrate. By employing the mesh ground structures, the resonant frequencies and impedance bandwidths of the proposed antenna is investigated. To verify the feasibility of the mesh ground structure, the thin ground wire width is investigated theoretically for improving the 3-dB fractional bandwidth, realized antenna gain and quality-factor. The proposed antenna demonstrates a good monopolar radiation in good agreement with the simulation results. The implemented prototype shows the measured bandwidth of 326 MHz with respect to 5.65% centered at 5.77 GHz and realized gain of 5.49 dBi at 5.84 GHz.

요 약

본 논문에서는 정찰포탄의 활공날개에 적용할 수 있는 새로운 평판형 무지향성 마이크로스트립 안테나를 제안하였다. 제안한 안테나는 무지향성 방사패턴을 얻기 위하여 얇은 기판에 7개의 정육각형 공진기를 준원형을 배열한 구조를 가지고 있다. 안테나 기판의 하단부에 그물망 형태로 이루어진 접지선 구조를 적용하여, 안테나의 공진주파수와 임피던스 대역폭에 관한 연구를 수행하였다. 그물망 형태의 접지선 구조의 유효성을 검증하기 위하여, 접지선의 선폭을 이론적으로 분석하여 상대 대역폭, Q-factor 및 안테나 이득을 만족시키기 위한 최적화 기법을 수행하였다. 제안한 안테나는 모의실험결과와 유사한 측정결과를 보임으로써, 무지향성 방사패턴이 잘 형성됨을 시연하였다. 마지막으로 제작한 안테나 시제품은 5.77 GHz를 중심으로 약 5.65%의 상대대역폭에 해당하는 326 MHz의 동작대역폭을 확인하였으며, 공진주파수 5.84 GHz에서 5.49 dBi의 안테나 이득을 확인하였다.

Key words : Monopolar microstrip antenna, omni-directional radiation pattern, wired ground, observation munition, low-profile antenna

* Dept. of Information and Communication Engineering, Hanbat National University

★ Corresponding author

E-mail : spyo@hanbat.ac.kr, Tel : +82-42-821-1202

※ Acknowledgment

This work was supported by Agency for Defense Development (ADD) under Grant UD170085ED.

Manuscript received Sep. 17, 2019; revised Sep. 23, 2019; accepted Sep. 23, 2019.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

I. 서론

정찰포탄(Observation Munition)은 야포 및 함포에서 발사하는 포탄에 각종 센서를 부착하여, 적의 위치 및 지형 등과 탄착지점의 피해상황을 실시간으로 파악할 수 있도록 만든 1회용 정찰장비로써 무인 정찰기(Unmanned Aerial Vehicle) 또는 드론(drone)에 비하여 상대적으로 운용이 간편하고 비용이 저렴한 장점을 가지고 있다. 이러한 정찰포탄에서 획득한 영상정보를 실시간으로 지휘통제소까지 안정적으로 송신하기 위하여, 무지향성 혹은 전방위 방사패턴을 형성하는 안테나는 핵심요소라 할 수 있다[1],[2]. 또한 고속으로 기동하는 정찰포탄의 표면항력을 최소화하기 위해서는 돌출된 기구형상이 없는 평판형 형태의 안테나에 관한 연구[3],[4]가 진행되었다.

본 논문에서는 정찰포탄의 전개식 날개에 적용하기 위하여, 접지선 구조가 적용된 평판형 무지향성 안테나를 제안하고, 측정실험을 통하여 안테나의 전기적 성능을 검증하였다.

II. 안테나 설계 및 분석

그림 1은 제안한 안테나의 구조를 도식한 것이다. 제안한 안테나는 평판형 구조로 무지향성 방사패턴을 형성하는 전자파메타물질[5],[6] 구조를 활용하였다. 정찰포탄체계에 적용하기 위하여, 두께 1.6 mm와 지름 70 mm인 원형 FR4 기판을 사용하였다. 방사체 중심에 위치한 육각형 패치는 안테나의 급전구조이며, 준원형으로 배열된 6개의 패치는 모

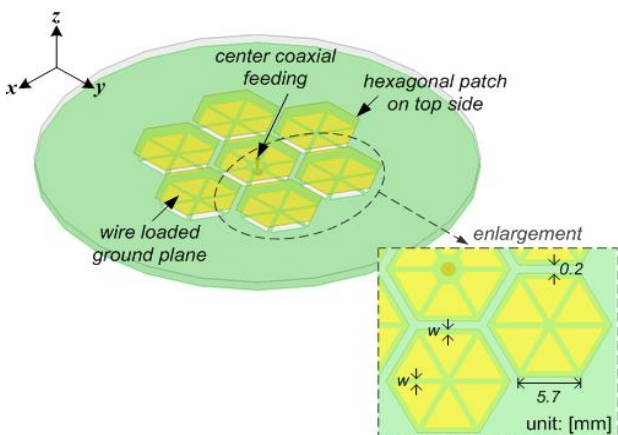


Fig. 1. Configuration of the proposed antenna.
그림 1. 제안한 안테나 구조

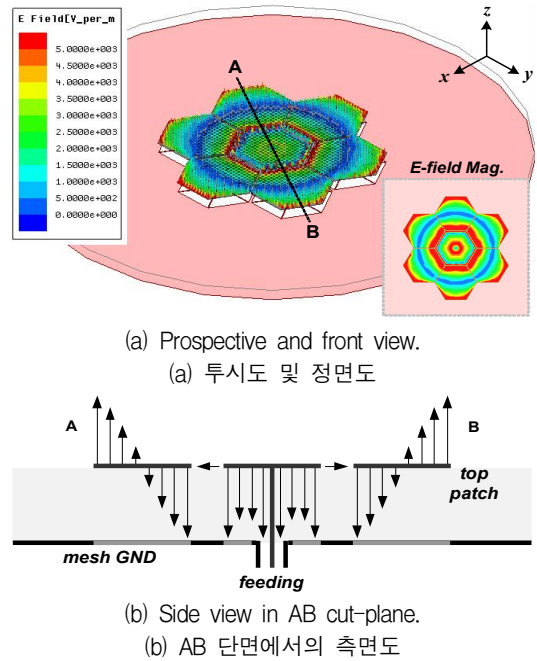


Fig. 2. Simulated result of the electric-field distributions.
그림 2. 전기장 분포의 모의실험 결과

노폴 안테나의 방사패턴과 증가한 무지향성 특성을 발생시키기 위한 독특한 구조로 사용되었다. 그림과 같이 육각형 패치 한 변의 길이는 5.7 mm, 육각형 패치 사이의 간격은 제작공정의 안정성을 확보하기 위하여 0.2 mm로 조절하였다. 또한 각 육각형 패치의 반대면의 접지면은 통상의 접지구조와 얇은 선폭(w)을 가지는 접지선 구조가 적용되었다. 이러한 접지선 구조는 안테나의 Q-factor를 조절할 수 있는 슬롯형 접지면[7] 구조로 선행연구결과를 활용하였다. 제안한 안테나의 최종적인 선폭(w)은 유한요소법 기반의 전파장 전자기파 모의실험 상용분석 도구(FEM-based full-wave EM simulator)를 이용하여 최적화하였으며, 0.2 mm로 설계하였다. 안테나 임피던스 정합과 동작대역폭을 조절하기 위하여 중심의 육각형 패치 중앙에 50-ohm 동축선을 접지선에서 직접 급전하는 방식을 사용하였다.

그림 2는 제안한 안테나의 전기장 분포를 확인하기 위한 모의실험결과를 도식한 것이다. 그림과 같이, 제안한 안테나는 전형적인 패치안테나와 달리 각 육각형 패치에서 반파장 공진을 발생하고, 전체 방사체에서는 1.5 파장의 크기를 갖는 다이폴 안테나와 증가한 TM₀₂ 모드의 전기장 분포를 발생함을 확인할 수 있다. 즉, 육각형 패치면 방향으로 전자

파가 방사되는 것이 아니라, 기관의 수평방향으로 전자기파가 방사됨을 예상할 수 있다. 또한 총 7개의 육각형 패치 하단부에는 mesh 모양으로 구성된 접지선 구조가 적용되고, 기관의 수직인 상하방향으로 형성되는 전기장의 크기를 조절하기 적합함을 전기장분포 모의실험결과를 통해 확인할 수 있다.

III. 안테나 제작 및 측정결과

그림 3은 제안한 안테나의 유용성을 검증하기 위하여 제작한 시제품을 촬영한 사진이다. 그림 4는 제안한 안테나 시제품의 반사계수 모의실험과 측정실험 결과를 도식한 것이다. 정찰포탄 안테나는 군용주파수 활용을 위하여 4 GHz에서 8 GHz C대역의 중심주파수로 결정하였다. 그림 4의 반사계수에서 알 수 있듯이, 제안한 안테나의 -10 dB 임피던스 대역폭은 5.608 GHz에서 5.934 GHz까지 326 MHz를 보이며, 이는 중심주파수 5.771 GHz를 기준으로 약 5.65%의 상대대역폭을 가지고 있음을 측정실험을 통해 확인하였다. 그림 5는 전자파 무향실에서 측정된 제안한 안테나 원역장에서 방사패턴의 모의실험과 측정실험결과를 도식한 것이다.

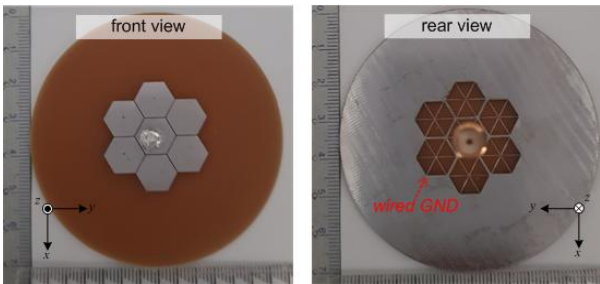


Fig. 3. Photograph of the fabricated antenna prototype.
그림 3. 제작한 안테나 시제품 사진

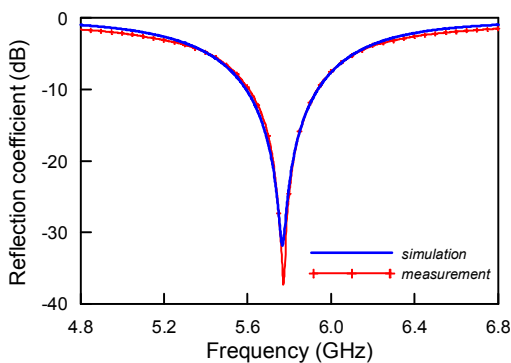
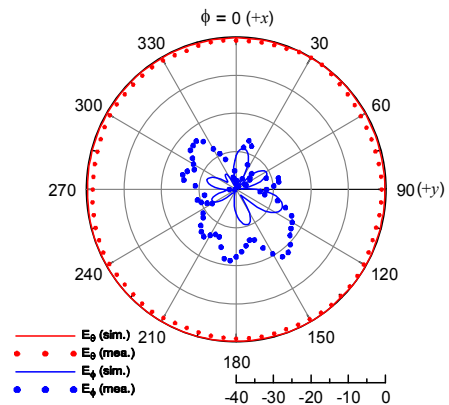
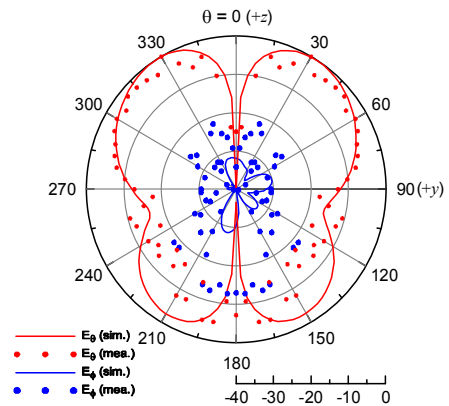


Fig. 4. Reflection coefficients of the proposed antenna.
그림 4. 제안한 안테나의 반사계수



(a) xoy-plane (H-plane).

(a) xoy-평면 (수평-평면)



(b) yoz-plane (E-plane).

(b) yoz-평면 (수직-평면)

Fig. 5. Radiation patterns of the proposed antenna.

그림 5. 제안한 안테나의 방사패턴

그림 2의 전기장분포 결과에서 예상했듯이, 제안한 안테나는 지표면에 수평한 구조의 평판형으로 설계되었음에도 불구하고 지표면에 수직인 전형적인 모노폴 안테나와 등가한 방사패턴이 구현됨을 알 수 있다. 즉, 그림 5와 같이 정찰포탄의 수평-방향으로 전자파가 무지향성으로 방사되며,

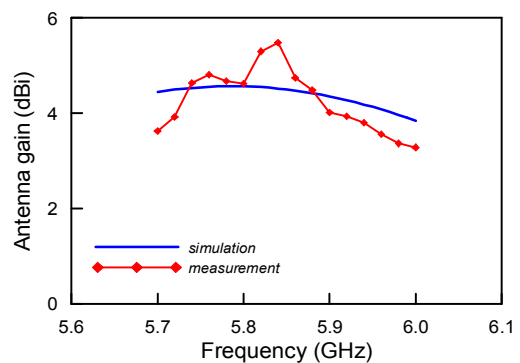


Fig. 6. Realized antenna gains of the proposed antenna.

그림 6. 제안한 안테나의 이득

안테나 편파는 수직한 선형편파를 가지고 있으며, 모의실험과 측정실험결과는 동일함을 수 있다. 1.5 파장의 전기적 길이를 갖는 다이폴 안테나와 같이 수직평면에서 y 축 방향으로 최대값이 아닌 방위각(q)이 30도에서 최대 방사가 이루어짐을 알 수 있다. 그림 6은 방위각(q) 30도 양각(f)이 90도 인 지점에서의 제안한 안테나 이득 모의실험과 측정실험결과를 도식한 것이다. 제안한 안테나의 이득 측정실험결과는 공진주파수 5.84 GHz에서 5.49 dBi이며, 모의실험결과 4.57 dBi에 비하여 약 1 dB 가량의 무반사실 보정오차 및 측정오차가 존재함을 알 수 있다. 그림 4에서 그림 6까지의 결과와 같이 수평한 평판형 기판을 사용한 제안한 안테나 및 제작한 안테나 시제품은 전형적인 마이크로스트립 안테나와 달리 H-평면 방향으로 무지향성 방사패턴을 성공적으로 시연하였다.

IV. 결론

본 논문에서는 정찰포탄의 활공날개에 적용하기 위한 접지선 구조가 적용된 평판형 무지향성 특성을 갖는 안테나를 제안하고, 제작 및 측정을 성능을 검증하였다. 제안한 안테나는 활공날개에 적합한 1.6 mm 두께로 평판화 하였으며, 방사체는 지표면과 수평한 구조를 가지고 있어서 정찰포탄의 표면항력을 감소시키면서 동시에 전형적인 모노폴 안테나와 등가한 무지향성 방사패턴을 형성한다. 제안한 안테나는 향후 차세대 미래전장에서 운용될 정찰포탄과 지휘통제소 사이의 고속 대용량 데이터링크를 확보할 수 있는 장점을 가지고 있다. 추후 초장거리 비행형 정찰포탄 체계에 적용이 가능하도록 안테나 이득 및 안테나 임피던스 대역폭을 확보하는 연구가 진행될 예정이다.

References

[1] C. Delaveaud, P. Leveque, and B. Jecko, "Small-sized low-profile antenna to replace monopole antennas," *Electron. Lett.*, vol.34, no.8, pp.716-717, 1998. DOI: 10.1049/el:19980550

[2] L. Economou and R. J. Langley, "Patch antenna equivalent to simple monopole," *Electron.*

Lett., vol.33, no.9, pp.727-729, 1997. DOI: 10.1049/el:19970521

[3] H. Wong, K. K. So, and X. Gao, "Bandwidth enhancement of a monopolar patch antenna with V-shaped slot for Car-to-Car and WLAN communications," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol.65, no.3, pp.1130-1136, 2016. DOI: 10.1109/TVT.2015.2409886

[4] S. Yoon, J. Tak, J. Choi, and Y. M. Park, "Conformal monopolar antenna for UAV applications," *2017 IEEE Int'l Symp. on Antennas and Propagation & USNC/URSI Nat'l Radio Science Meeting*, pp.517-518, 2017. DOI: 10.1109/APUSNCURSINRSM.2017.8072301

[5] C. Caloz and T. Itoh, "Electromagnetic Metamaterials: Transmission Line Theory and Microwave Applications. Hoboken," NJ, USA: Wiley, 2005.

[6] S. Pyo, S.-M. Han, J.-W. Baik, and Y.-S. Kim, "A slot-loaded composite right/left-handed transmission line for a zeroth-order resonant antenna with improved efficiency," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol.57, no.11, pp.2775-2782, 2009. DOI: 10.1109/TMTT.2009.2032469