

무인이동체 적용 매립형 빔패턴 향상 마이크로스트립 패치 안테나 설계

*정우성, 최세아

단암시스템즈(주)

wschung@danam.co.kr

Design of the Embedded Microstrip Patch Antenna with Beam-Pattern Enhancement for Unmanned Vehicles

Woosung Chung*, Seah Choi

DANAM Systems INC.

요약

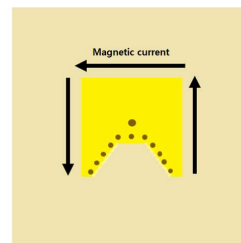
본 논문은 무인이동체 운용 효율 향상을 목표로 비행체의 하중 지지를 하는 구조에 내장 가능한 매립형 안테나 설계와 성능 열화 최소화에 관한 연구를 진행하였다. 외부 돌출형 안테나와 같이 넓은 통신 가능 지역을 확보하기 위해 매립형 안테나는 단락 핀을 지닌 마이크로스트립 패치 형태로 반구형 방사패턴을 갖도록 설계하였다. 다중 매질 내에 매립되어 있는 안테나의 패턴 왜곡을 개선하기 위해 안테나 기판 형상을 최적화 시켰다. 제안한 안테나는 무인항공기 면허대역인 C-band에서 동작하도록 설계하였고 안테나 일체형 구조에 매립하여 성능 측정 결과, 정재파비 2:1, 최대 이득 5 dBi 특성을 확인하였다. 향후 무인이동체에 구조적으로 강건하면서 외부 돌출형 안테나를 대체하는 매립형 안테나로 활용 가능할 것으로 판단된다.

I. 서론

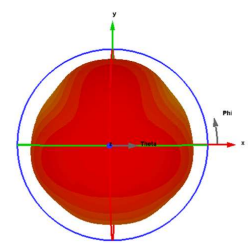
초지능, 초연결이 전 산업과 사회에 혁신을 야기하는 4차 산업혁명이 도래함에 따라 자율주행차, 드론 등 무인이동체가 급부상 하고 있다. 무인이동체는 스스로 외부환경을 인식해 상황을 판단하여 이동하고 임무를 수행하는 이동체로 기술융합 플랫폼으로 발전하고 있다. 소형화, 경량화 되어가는 무인이동체의 추세에 따라 안테나 또는 전자장비가 비행기 동체와 일체화된 구조로 개발하여 시스템 중량 절감 및 운용 성능 향상이 가능한 다기능 구조 기술이 주목되고 있다[1]. 하중을 지지하기 위한 구조에 안테나를 통합시키는 안테나 일체형 구조 (Conformal Load-bearing Antenna Structure, CLAS) 개발을 통하여 기존 외부 돌출형 안테나 비해 공력손실 저하, 중량 감소, 저피탐 특성, 손상 발생 가능성 저감 등 운용성능 극대화 할 수 있는 이점이 있다. 안테나 일체형 구조는 하중 지지 구조물, 보호 구조물, 방사체인 안테나가 적용 구조로 이루어져 있고, 안테나는 구조물 내에 매립이 가능하고 표면 적용형 형상이 가능한 마이크로스트립 패치 안테나가 주로 사용된다. 안테나 입장에서 여러 재질로 구성된 다층 구조의 안테나가 매립되어 있어 성능 열화가 발생하는 문제가 있다[2].

본 논문에서는 무인이동체와 같은 항공기 구조 내부에 삽입하여 일체화된 매립형 안테나를 제안하였다. 외부 돌출형 안테나 대비 통신 성능을 유지하기 위해 넓은 빔 패턴 특성을 지니고 매립에 의한 패턴 왜곡을 최소화 시키는 안테나를 설계하여 시험 및 분석한 결과를 제시한다.

안테나 빔 패턴 형성을 도식화 하였다. 패치와 그라운드 사이에 전기장이 발생하게 되고 단락 핀(via)이 위치하지 않은 패치 모서리에 전기장에 수직 방향으로 자계 전류(Magnetic current)가 발생하게 된다. 생성된 자계 전류에 의해 형성되는 방사 패턴 합성하여 넓은 빔 폭을 갖도록 단락 핀 개수와 위치를 설계하였다. 제안된 안테나는 Duroid 6002 ($\epsilon_r=2.94$, $\tan\delta=0.0012$) 기판을 사용하였고 크기는 $60 \times 60 \times 3.05 \text{ mm}^3$ 로 무인항공기 면허대역의 제어용(5.030-5.091 GHz) 및 임무용(5.091-5.150 GHz) 주파수에서 동작하는 안테나를 개발하였다. 제안한 안테나를 안테나 일체형 구조에 적용하기 위해 급전부가 기판의 중심에 위치하는 동축 급전 방식을 적용하였다[4].



(a) 자류 발생



(b) 자류에 의한 합성된 빔 패턴

그림 1 TMC 기법 적용 안테나 빔 패턴 설계

II. 본론

구조 내에 삽입된 안테나는 적층 제작이 용이한 마이크로스트립 패치 안테나를 적용하였고, 다양한 환경에서 통신을 위한 넓은 빔 커버리지를 위해 Three Magnetic Current (TMC) 기법을 적용하여 반구 형태의 방사 패턴을 갖도록 패치 형상을 설계하였다[3]. 그림1은 TMC 기법을 적용한

다음으로 그림 2와 같은 안테나 일체형 구조에서 안테나가 구조물 중앙에 내장할 경우 안테나는 다중 매질 내에 매립되어 패턴 왜곡이 발생하는 문제점을 지닌다.

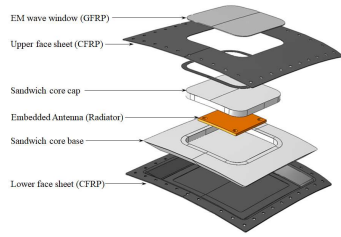


그림 2 안테나 일체형 구조의 구성도

TMC 기법에서 자류 전류 이동 변화 구간에 해당하는 기관 모서리 등 근 모양의 원호를 통해 전류에 의한 방사패턴을 원활하게 형성하여 패턴의 널과 왜곡을 감소 시켰다. 그림 3은 제안한 다각형 패치와 기관에 원호 형상을 적용하여 제작한 안테나를 제시하였다.



(a) 다각형 패치 (b) 다각형 패치/기관 모서리 원호
그림 3 제안한 안테나 제작 형상

제안한 안테나를 안테나 일체형 구조에 매립하여 성능 측정을 통해 서로 비교 분석 하였다. 그림 4의 반사 손실 측정 결과, 다각형 패치 안테나는 대역폭 292 MHz(4.964~5.256 GHz) 이고, 기관 모서리 원호가 추가된 안테나는 253 MHz(4.998~5.251 GHz) 두 경우 모두 무인항공기 면허대역의 동작 주파수를 포함한다. 그림 5와 6은 중심 주파수 5.090 GHz의 3D, 2D 방사 패턴을 비교하였다. 최대 이득은 각각 5.35dBi와 6.18dBi 특성을 보인다. 다각형 패치의 경우 $\phi=90^\circ$ plane 패턴 $-45^\circ, 30^\circ$ 부근에서 매립에 의한 널과 왜곡 현상이 발생 하였고 기관 모서리 원호가 추가된 안테나의 경우 이러한 현상이 개선된 것을 확인하였다.

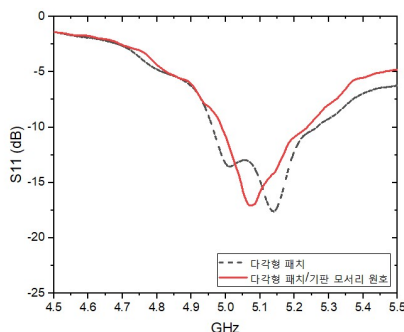
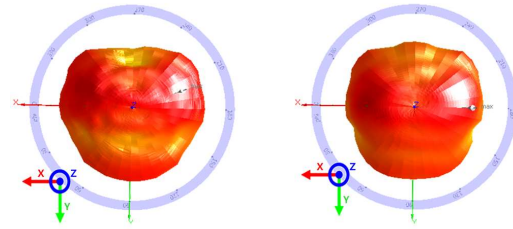
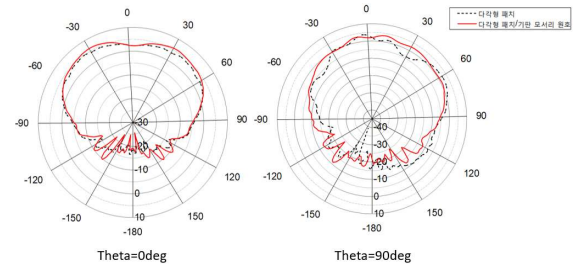


그림 4 안테나 일체형 구조의 측정 반사 계수



(a) 다각형 패치 (b) 다각형 패치/기관 모서리 원호
그림 5 안테나 일체형 구조의 측정 3D 빔 패턴



(a) $\Phi=0^\circ$ plane (b) $\Phi=90^\circ$ plane
그림 6 안테나 일체형 구조의 측정 2D 빔 패턴

III. 결론

본 논문에서는 무인이동체와 같은 비행체에 구조적으로 내장 가능한 매립형 안테나를 제안하였다. 외부 돌출형 안테나와 비교 시 통신 성능 유지를 위해 넓은 커버리지와 매립이 가능한 마이크로스트립 패치 안테나를 적용하였고 다각형의 패치 형상에 단락 핀을 두어 자체 전류에 의한 넓은 빔폭을 갖도록 안테나를 설계하였다. 제안한 안테나를 구조물에 매립한 결과 안테나 상단의 유전체 물질과 도체 성분으로 인해 패턴 왜곡 현상이 발생하는 것을 확인하였다. 이에 기관 모서리를 원호 형상으로 설계하여 패턴의 널과 왜곡 현상을 개선 시켰다. 제안된 안테나는 무인이동체 뿐만 아니라 다양한 항공기의 표면 구조물 일체형 매립 안테나로 활용될 것으로 판단된다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 과학기술정보통신부의 재원으로 한국 연구재단, 무인이동체원천기술개발사업단의 지원을 받아 무인이동체원천기술개발사업을 통해 수행되었음.(No. 2020M3C1C1A01084218)

참 고 문 헌

- [1] 강왕구, "무인이동체 기술혁신과 성장 10개년 로드맵," 과학기술정보통신부, 2018.
- [2] Callus, P. J., "Novel Concepts for Conformal Load-bearing Antenna Structure," Department of Defence, Australian Government, Feb 2008.
- [3] R. Wang, B. Z. Wang, C. Hu, C. Gong, and X. Ding, "Low-Profile On-Board Antenna with a Broad Beam Based on Three-Current Model," Progress In Electromagnetics Research, Vol. 156, pp. 13-24, Jan. 2016.
- [4] Balanis, C. A., Antenna Theory: Analysis and Design, 4th Ed., John Wiley & Sons, NewYork, 2016, pp. 783~788.