

적층 폴디드 구조를 이용한 GPS용 마이크로스트립 안테나

Microstrip Antenna using Multi-layer and Folded Structure for GPS Application

금재민* · 우종명**

* 주저자 : 충남대학교 전파공학과 석사과정

** 교신저자 : 충남대학교 전파공학과 교수

Jae-min Keum* · Jong-myung Woo**

* Dept. of Radio Science and Engineering, Univ. of Chungnam

** Dept. of Radio Science and Engineering, Univ. of Chungnam

† Corresponding author : Jong-myung Woo, jmwoo@cnu.ac.kr

Vol.16 No.2(2017)

April, 2017

pp.171~179

ISSN 1738-0774(Print)

ISSN 2384-1729(On-line)

[https://doi.org/10.12815/kits.](https://doi.org/10.12815/kits.2017.16.2.171)

2017.16.2.171

Received 17 March 2017

Revised 3 April 2017

Accepted 18 April 2017

© 2017. The Korea Institute of
Intelligent Transport Systems. All
rights reserved.

요약

본 논문에서는 비행체 탑재용으로 안테나의 소형화를 위해 GPS용 적층형 폴디드 마이크로스트립 패치 안테나를 제안하였다. 기존의 소형화된 마이크로스트립 패치 안테나는 고비유전율의 유전체를 이용한 소형화로 유전체 손실에 의해 대역폭이 작아지고 효율저하가 발생하게 된다. 제안된 안테나는 기존의 단점을 보완하는 소형화를 위해 먼저 Rogers사 TMM 10i(비유전율=9.8, 손실탄젠트=0.002) 유전체를 이용하였고, 다음으로 perturbation 효과를 적용시킨 방사소자를 유전체 표면에 폴디드 구조로 구현하였다. 이렇게 GPS L₁대역에서 설계된 안테나의 방사소자 크기는 20.3 mm × 19.93 mm를 가지며, 기본 반파장 마이크로스트립 패치 원편파 안테나보다 94.2% 소형화 특성을 얻었다. 또한 -10 dB 대역폭의 경우 32.3 MHz(2.05%), 3 dB 축비 대역폭의 경우 6.7 MHz(0.43%)로 측정되었다. 방사패턴 측정 결과 최대이득은 x축 편파에서 0.56 dBi, y축 편파에서 1.23 dBi를 얻었다.

핵심어 : GPS, 마이크로스트립 안테나, 소형화, 유전체

ABSTRACT

In this paper, microstrip antenna using multi-layer and folded structure for GPS application is presented for aircraft loading. Existing microstrip patch antenna used dielectric of high specific inductive capacity to miniaturize that cause smaller bandwidth and decline of efficiency due to dielectric loss. To compensate the existing flaws, Rogers TMM 10i(dielectric constant=9.8, loss tangent=0.002) is used for multi-layer dielectric miniaturization, and we construct folded radiating element on the surface of the dielectric applying perturbation effect. The antenna is designed in the bandwidth of GPS L₁ band, and the size of the antenna's radiating element is 20.3 mm × 19.93 mm, and it gets 94.2% miniaturized characteristic of basic $\lambda/2$ microstrip patch antenna. Also the measured -10 dB bandwidth is 32.3 MHz(2.05%), 3 dB axial ratio bandwidth is 6.7 MHz(0.43%). Measured radiation patterns was maximum gain of 0.56 dBi at x axis polarization, 1.23 dBi at y axis polarization.

Key words : GPS, Microstrip antenna, Miniaturization, dielectric

I. 서 론

1. 연구배경 및 목적

GPS(Global Positioning System)는 서로 다른 3개 이상의 위성들로부터 송신된 신호를 수신하여 시간차를 계산함으로써 지구상의 수신기의 위도 및 경도를 결정할 수 있는 위성 시스템이다(KARI, 2017). 현재는 무선 통신 발달로 인하여 통신기기들의 크기가 작아지고 그에 따라 안테나의 크기도 소형화가 요구된다. 그 중 GPS 수신용 안테나는 많은 통신기기들에 적용되어 사용되어지고 있으며 마이크로스트립 안테나가 주로 이용되고 있다. 최근에는 세계적인 자동차 회사들이 자율주행자동차 연구함에 있어 필수적인 부품으로 사용되고 있다(Hyundai News, 2017). 마이크로스트립 안테나는 접지면 크기에 따라 방사패턴을 조절 할 수 있으며 프린트 형태의 제작과 MMIC설계에 용이하다(Pozar and Schuert, 1995; Lee and Tong, 2012).

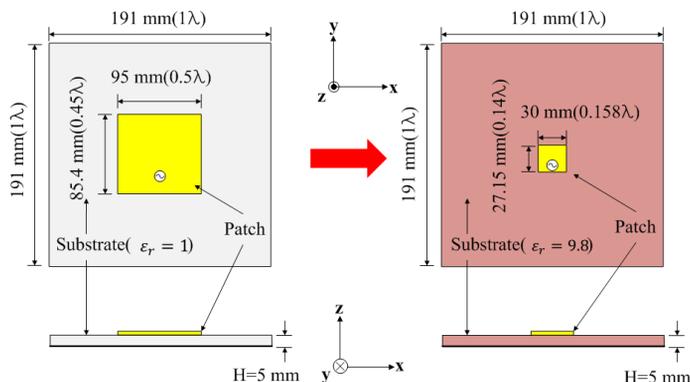
하지만 일반적인 마이크로스트립 안테나의 크기는 커서 최근 소형화 부품이 요구되는 통신기기들에 장착하기 어려움이 있다. 또한 비행체에 탑재된 상태에서 방해전파 수신을 억제하기 위해 배열 안테나 특성을 이용될 경우는 더욱 안테나의 소형화가 요구된다. 특히 마이크로스트립 안테나로 배열시킬 경우 일정한 배열 간격이 요구되며, 배열 안테나 전체 크기를 소형화하기 위해서는 안테나 개별소자의 소형화가 필수이다. 소형화된 마이크로스트립 패치 안테나를 제작하기 위해서 사용되는 방법은 고비유전율의 유전체를 이용한 소형화가 대표적이다. 고비유전율의 유전체를 이용할 경우에는 유전체 손실에 의해 대역폭이 작아지고 효율 저하가 발생하게 된다.

따라서 마이크로스트립 안테나의 특성을 유지하면서 소형화하기 위해서는 새로운 구조의 소형화된 마이크로스트립 안테나에 대한 연구가 요구된다.

본 논문에서는 마이크로스트립 원편파 안테나를 소형화하기 위하여 적층형 유전체에 폴디드 구조를 이용한 소형화 방법을 채택하였다(Song and Woo, 2003; Kim and Woo, 2012; Keum et al., 2016). 이들 소형화과정과 시뮬레이션 결과들에 대해 기술하고자 한다.

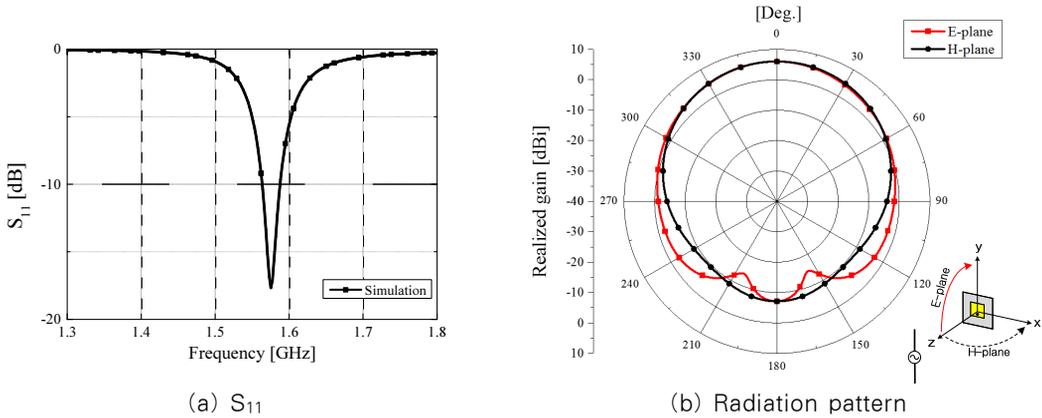
II. 본 론

1. 유전체를 이용한 소형화된 마이크로스트립 패치 선형편파 안테나



〈Fig. 1〉 Microstrip patch antenna using dielectric

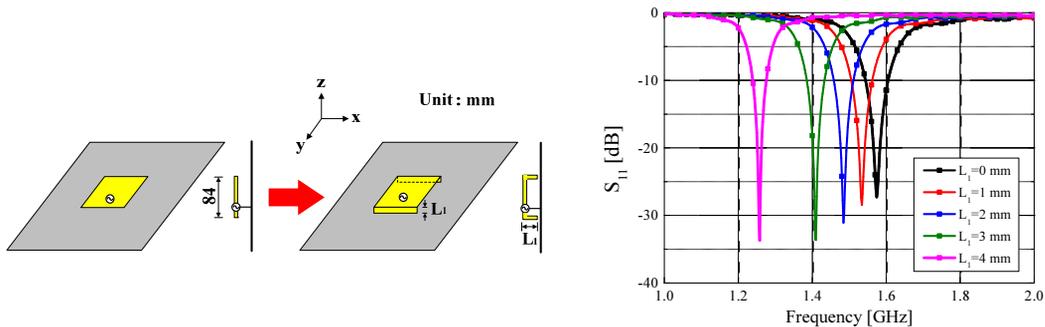
<Fig. 1>에는 GPS 대역($f_o=1.575$ GHz)의 $\lambda/2$ 마이크로스트립 패치 선형편파 안테나와 유전체의 비유전율 (ϵ_r)이 9.8일 때 마이크로스트립 패치 선형편파 안테나의 구조를 각각 나타내었다. 접지면의 크기는 $191 \text{ mm} \times 191 \text{ mm}$ ($1\lambda \times 1\lambda$, λ 는 1.575 GHz의 공기 중 한 파장)으로 제한된 조건으로 설정하였다. 비유전율을 9.8로 채택하였을 경우 $H=5 \text{ mm}$ 일 때 방사소자의 크기는 $30 \text{ mm}(0.158\lambda) \times 27.15 \text{ mm}(0.14\lambda)$ 를 나타내었다.



<Fig. 2> Characteristic of Microstrip patch antenna using dielectric

<Fig. 2(a)>에는 설계된 비유전율 9.8을 이용한 마이크로스트립 패치 안테나의 시뮬레이션된 S_{11} 을 나타내었다. 설계된 안테나의 -10 dB 대역폭은 24.3 MHz(1.54%)로 나타나 GPS L1대역을 만족시켰다. <Fig. 2(b)>에는 설계된 안테나의 방사패턴을 나타내었다. 중심주파수 1.575 GHz에서 이득은 최대 6.03 dBi를 얻었으며 전형적인 브로드사이드 방사패턴 특성을 갖는 선형편파 안테나가 설계되었다.

2. Perturbation effect를 이용한 소형화된 마이크로스트립 선형편파 안테나

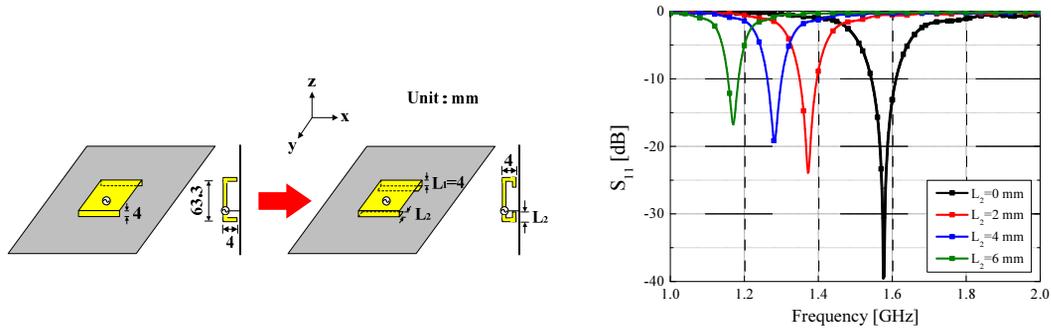


(a) Folded microstrip antenna structure (b) Simulated S11 of foled microstrip antenna for various length of L_1

<Fig. 3> Folded microstrip antenna structure and characteristic

<Fig. 3(a)>에는 기본형 반파장 마이크로스트립 안테나의 방사 개구면을 폴디드 구조로 변형한 구조를 나타내었다. <Fig. 3(b)>에는 L_1 변화에 따른 공진주파수 특성 변화를 나타내었다. 폴디드 구조의 마이크로스트

립 패치 안테나의 높이(L_1)를 0 mm ~ 4 mm까지 1 mm 간격으로 변화 시켰다. 0 mm의 경우 1.575 GHz에서 4 mm의 경우 1.258 GHz에서 각각 공진하는 것을 확인하였다. 이로써 폴디드를 구조 적용시켜 폴디드 구조 높이(L_1)가 증가하면 섭동 효과에 의해서 공진주파수가 하향됨을 확인하였다. 이는 같은 공진주파수에서 방사소자 크기를 줄일 수 있음을 의미한다. 따라서 $L_1=4$ mm 일 때 1.575 GHz에서 방사소자 길이는 63.3 mm(0.33λ)로 기본형 마이크로스트립 패치 안테나 길이 85.4 mm(0.45λ)에 비해 26% 소형화 되었다.



(a) Double folded microstrip antenna structure (b) Simulated S11 of Double Folded microstrip antenna for various length of L_2

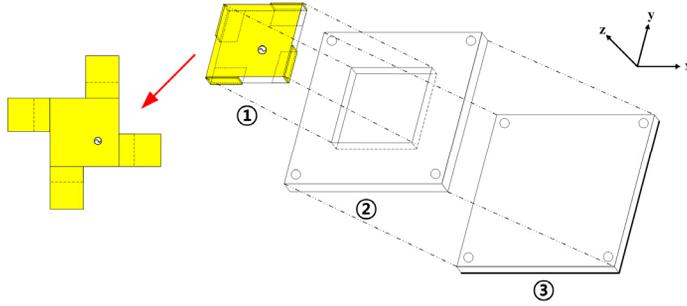
<Fig. 4> Double folded microstrip antenna structure and characteristic

다음에는 <Fig. 4(a)>에 나타낸바와 같이 폴디드 구조를 한 번 더 적용한 마이크로스트립 패치 선형편파 안테나를 나타내었다. <Fig. 4(b)>에는 기본 폴디드 구조에서 폴디드 구조 끝 부분을 안쪽으로 접어 넣어 길이 (L_2) 변화에 따른 공진주파수 특성 변화를 나타내었다. 이 때 폴디드 구조의 높이 L_1 는 4 mm로 고정한 다음 길이(L_2)를 0 ~ 6 mm까지 2 mm 간격으로 변화시킬 때 공진주파수 특성 변화를 확인하였다. 0 mm의 경우 1.575 GHz에서 기준으로 폴디드 밀면 길이(L_2) 변화에 따라서 공진주파수가 하향함을 확인 할 수 있으며, 길이(L_2)가 6 mm의 경우 1.17 GHz에서 공진됨을 확인하였다. $L_2=6$ mm로 고정 후 1.575 GHz에서의 방사소자 길이는 39 mm로 기준 안테나 길이에 비해 54.4%로 소형화 되었다. 이유는 폴디드 구조를 통해서 전류 경로가 증가되고 섭동 효과가 작용함에 따라서 공진주파수가 하향되는 것이다. 따라서 마이크로스트립 패치 안테나의 방사개구면을 폴디드 구조로 변형 하였을 경우 섭동 효과로 인하여 공진주파수가 더 하향하게 되어 섭동 효과를 이용한 구조적 변화를 통해 안테나의 소형화의 가능성을 확인 할 수 있었다.

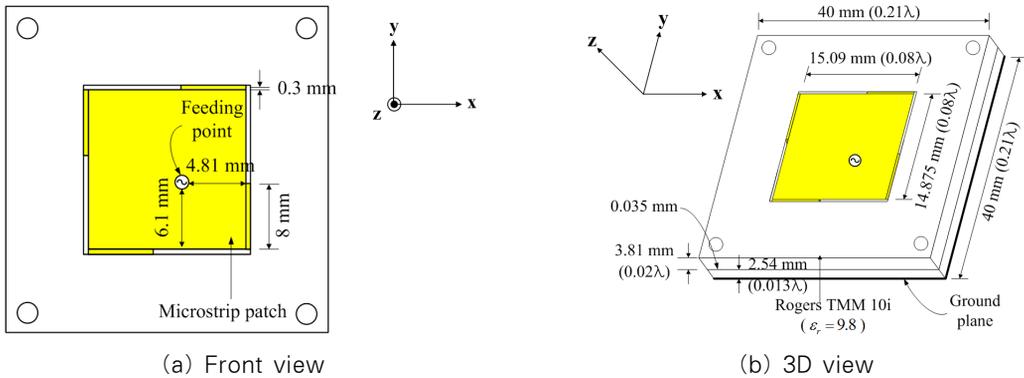
3. 소형화된 적층형 폴디드 마이크로스트립 원편파 안테나

전절에서 나타난 소형화 특성 원리를 이용하여 <Fig. 5>에는 소형화시킨 적층형 폴디드 마이크로스트립 원편파 안테나의 구조를 나타내었다. 제안된 안테나의 설계과정으로 ①번 구조는 유전율 9.8의 유전체 표면상에 폴디드 시킨 방사소자를 나타내었고 ②번 구조의 유전체층과 ③번 구조 유전체를 적층시키고자 하였다.

<Fig. 6>에는 GPS L_1 대역의 중심주파수 1.575 GHz에서 설계된 적층형 폴디드 마이크로스트립 원편파 안테나를 나타내었다. 접지면의 크기는 40 mm × 40 mm($0.21\lambda \times 0.21\lambda$, λ 는 1.575 GHz의 공기 중 한 파장)로 설정하였다. 그림 <Fig. 6(b)>에는 적층형 폴디드 마이크로스트립 안테나의 입체도를 나타내었다. 안테나의 방사소자 크기는 15.09 mm × 14.875 mm × 6.4 mm로 설계하였고 유전체는 Rogers TMM 10i($\epsilon_r = 9.8$)을 사용하였다. 기본형 반파장 마이크로스트립 패치 원편파 안테나와 비교하여 97.2%(면적기준)의 소형화율을 나타내었다.

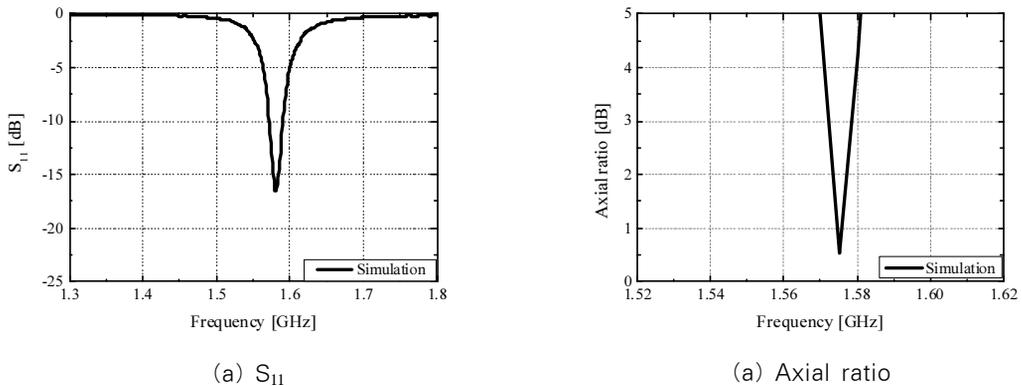


<Fig. 5> Exploded view of multi-layer folded microstrip antenna



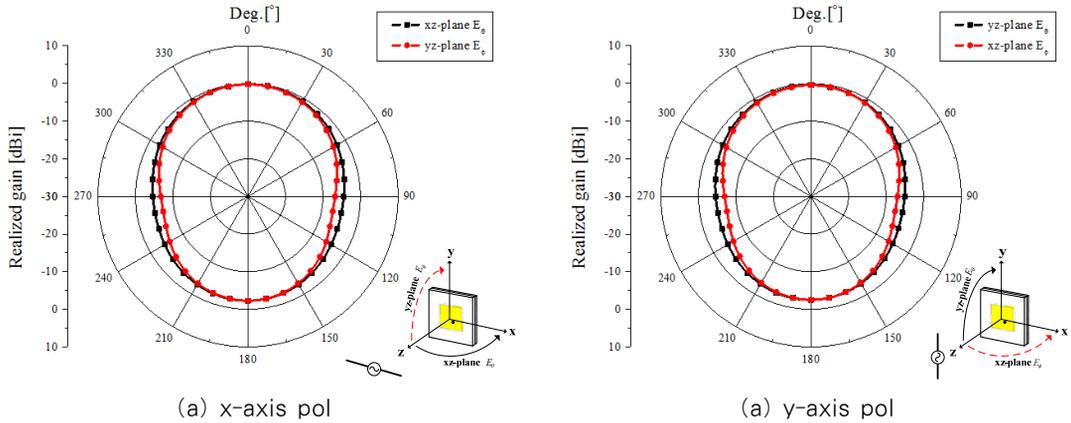
<Fig. 6> Geometry for the multi-layer folded microstrip antenna

<Fig. 7>에는 적층형 폴디드 마이크로스트립 원편과 안테나의 S_{11} 과 축비를 나타내었다. -10 dB 대역폭의 경우 18.5 MHz(1.17%)으로 GPS L₁대역(1563-1587 MHz)을 만족하지 못하였다. 3 dB 축비 대역폭의 경우 6 MHz(0.38%) 일었다.



<Fig. 7> Simulated result of S_{11} , axial ratio in dB of multi-layer folded microstrip antenna.

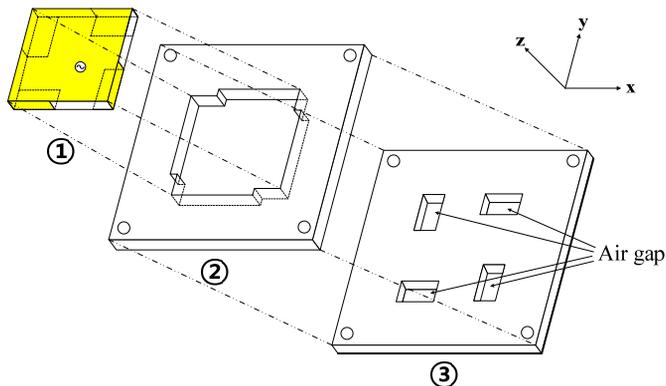
<Fig. 8>에는 적층형 폴디드 마이크로스트립 원편파 안테나의 시뮬레이션된 방사패턴을 나타내었다. 원형 편파이므로 x, y축 편파를 각각 나타내었으며, 접지면의 크기를 작게 설정하고 방사소자를 소형화하였기 때문에 HPBW(Half Power Beam Width)가 넓어진 것을 확인할 수 있었다. 최대이득은 x축 편파에서 -0.406 dBi, y축 편파에서 -0.184 dBi를 얻었다. 또한 방사효율은 88%를 나타냈다.



<Fig. 8> Simulated radiation pattern of multi-layer folded microstrip antenna at 1.575 GHz

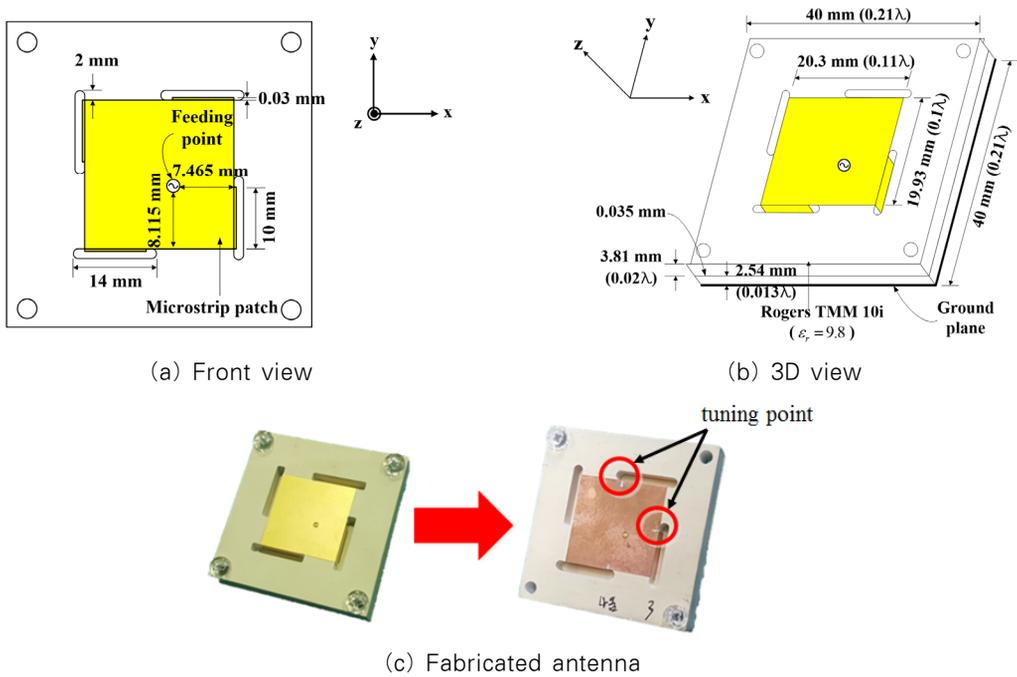
적층형 폴디드 마이크로스트립 원편파 안테나는 기본형 반파장 마이크로스트립 원편파 안테나와 비교하여 97.2% 소형화 되었지만 목표했던 GPS L1대역(1563-1587 MHz)을 만족하지 못하였다. 따라서 대역폭을 넓히는 연구가 필요하다.

4. 공기층을 적용한 소형화된 적층형 폴디드 마이크로스트립 원편파 안테나



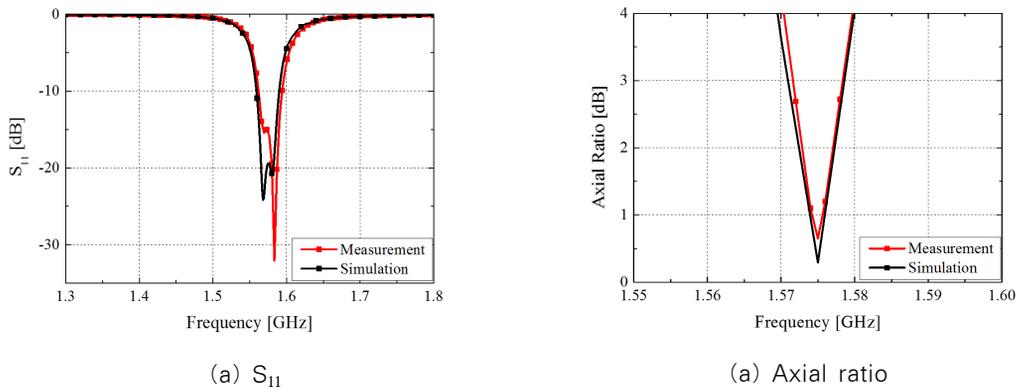
<Fig. 9> Exploded view of proposed multi-layer folded microstrip antenna

<Fig. 9>에는 대역폭 확대를 위해 제안된 공기층을 적용한 소형화된 GPS용 적층형 폴디드 마이크로스트립 원편파 안테나의 분해도를 나타내었다. 제안된 안테나의 <Fig. 5>의 구조와 동일하지만 안테나의 소형화와 유전체 사용으로 좁아진 대역폭을 넓혀주기 위해 안테나의 구조에 변화를 주었다.<Fig. 9>의 구조와 같이 ②번, ③번 구조물에서는 공기층을 확보하여 안테나의 fringing field 강하게 해주었다.



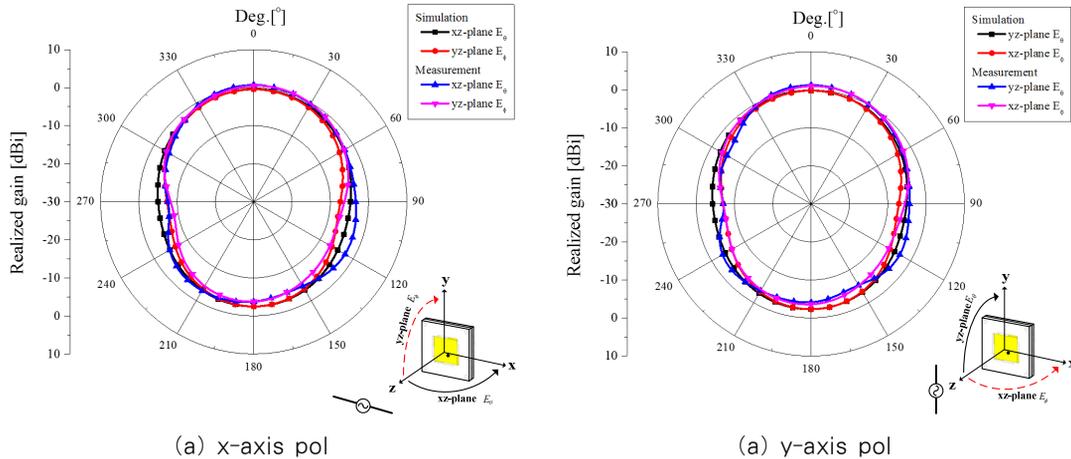
<Fig. 10> Geometry for the proposed multi-layer folded microstrip antenna

<Fig. 10(a)>는 안테나의 평면구조를, <Fig. 10(b)>에는 입체구조를 나타내었다. 접지면의 크기는 $40\text{ mm} \times 40\text{ mm} (0.21\lambda \times 0.21\lambda)$ 로 설정하였고 유전체를 Rogers TMM 10i ($\epsilon_r=9.8, \tan\delta=0.002$)를 사용하여 소형화 시켰다. 설계된 안테나의 방사소자 크기는 $20.3\text{ mm} \times 19.93\text{ mm}$ 을 가지며, 기본 반파장 마이크로스트립 패치 원편파 안테나보다 94.2% 소형화 된 것을 알 수 있다. <Fig. 10(c)>에는 제작된 공기층을 적용한 소형화된 GPS용 적층형 폴디드 마이크로스트립 안테나의 구조를 나타내었다. 실제 제작된 안테나에서는 중심주파수 이동이 있어 튜닝이 필요하였다. <Fig. 10(c)>에 나타난 tuning point와 같이 슬롯을 통해 방사소자의 전기적 길이를 증가시킴으로서 중심주파수에 임피던스 매칭을 할 수 있었다.



<Fig. 11> Measured and simulated result of S_{11} , axial ratio in dB of proposed multi-layer folded microstrip antenna.

<Fig. 11>에는 제안된 공기층을 적용한 소형화된 GPS용 적층형 폴디드 마이크로스트립 원편파 안테나의 S_{11} 과 축비를 나타내었다. -10 dB 대역폭의 경우 시뮬레이션 27.4 MHz(1.73%), 측정 32.3 MHz(2.05%)을 나타내었다. 따라서 <Fig. 6>과 비교하여 방사소자의 크기가 커졌지만 공기층을 적용함으로써 GPS L_1 대역을 수용함을 확인하였다. 3 dB 축비 대역폭의 경우 시뮬레이션 6.3 MHz(0.4%), 측정 6.7 MHz(0.43%)을 나타내었다.



<Fig. 12> Measured and simulated far field radiation pattern of proposed multi-layer folded microstrip antenna at 1.575 GHz

<Fig. 12>에는 제안된 공기층을 적용한 소형화된 GPS용 적층형 폴디드 마이크로스트립 원편파 안테나의 방사패턴을 나타내었다. 원형편파이므로 x, y축 편파를 각각 나타내었으며, 접지면의 크기를 작게 설정하여 후방방사가 크게 나타났다. 시뮬레이션 결과 최대이득은 x축 편파에서 -0.386 dBi, y축 편파에서 0.066 dBi를 얻었다. 또한 방사효율은 85%를 나타냈다. 측정 결과는 최대이득은 x축 편파에서 0.56 dBi, y축 편파에서 1.23 dBi를 얻었다.

따라서 제안된 안테나는 기본 반파장 마이크로스트립 패치 원편파 안테나와 비교하여 유전체 및 구조적 소형화로 인해 이득이 6.52 dBi 감소되지만, 안테나의 크기의 경우 94.2% 소형화 특성을 얻었다.

V. 결 론

본 논문에서는 GPS용 적층형 폴디드 마이크로스트립 원편파 안테나를 제안하였다. 적층 유전체 소형화를 위해 Rogers TMM 10i($\epsilon_r=9.8$, $\tan\delta=0.002$)를 이용하였고, perturbation 효과를 적용시켜 소형화하기 위해 유전체 표면에 폴디드시킨 방사소자를 구성하였다. 이렇게 설계된 안테나는 기본 반파장 마이크로스트립 패치 원편파 안테나에 비하여 소형화가 되어 이득은 시뮬레이션 결과 x축 편파에서 -0.386 dBi, y축 편파에서 0.066 dBi로 6.52 dB 낮아지나, GPS L_1 대역의 대역폭을 만족하였다. 안테나의 방사소자 크기는 20.3 mm × 19.93 mm를 가지며, 기본 반파장 마이크로스트립 패치 안테나보다 94.2% 소형화 특성을 얻었다. 따라서 본 논문에서 제안된 안테나의 경우 크기가 상당히 줄어들어 소형화된 비행체에 탑재 장착하기 적합함을 확인할 수 있었다.

ACKNOWLEDGEMENTS

본 연구는 방위사업청과 국방과학연구소가 지원하는 국방위성항법특화연구센터 사업의 일환으로 수행되었습니다.

REFERENCES

- Hyundai News, <http://www.hyundainews.com/us/en/media/pressreleases/47087/hyundai-motor-sho>
KARI, https://www.kari.re.kr/kor/sub07_02_04_01.do, 2017.2.25.
- Keum J. M., Ko D. O., Jung J. Y. and Woo J. M.(2016), "Miniaturized $\lambda/4$ Folded Microstrip Antenna for Parking Monitoring Base Station System," *Journal of The Korea Institute of Intelligent Transportation System*, vol. 15, no. 2, pp.95-101.
- Kim Y. R. and Woo J. M.(2012), "Electrically tunable small microstrip antenna using interdigital plate loading for telemetry sensor applications," *Electronics Letters.*, vol. 48, pp.422-423.
- Lee K. F. and Tong K. F.(2012), "Microstrip patch antennas-basic characteristics ad some recent advances," *Proceedings of the IEEE*, vol. 100, no. 7, pp.2169-2180.
- Pozar D. M. and Schauert D. H.(1995), *Microstrip Antennas*, Wiley-Interscience, p.421.
- Song M. H. and Woo J. M.(2003), "Miniaturization of microstrip patch antenna using perturbation of radiating slot," *Electronics Lett.*, vol. 39, pp.417-419.
- wcases-autonomous-technology-at-the-2017-consumer-electronics-show-in-las-vegas, 2017.1.4.