

GPS용 역 L형 기생소자를 이용한 이중대역 마이크로스트립 안테나 설계

A Design of Dual-band Microstrip Antennas using Stacked Inverted-L-shaped Parasitic Elements for GPS Applications

김 준 원*

(Jun-Won Kim)

(Chungnam national university)

우 종 명**

(Jong-Myung Woo)

(Chungnam national university)

· Corresponding author : Jong-Myung Woo(Chungnam national university), E-mail jmwoo@cnu.ac.kr

요 약

본 논문에서는 GPS L_1 (1.575 GHz)과 L_2 (1.227 GHz) 대역을 수용할 수 있는 새로운 형태의 이중대역 마이크로스트립 안테나를 설계 및 제작하였다. 주파수대역 간격이 큰 이중대역 특성을 확보하기 위해 제안된 안테나는 반 파장(L_2 대역) 패치 안테나의 윗면에 $\lambda/4$ (L_1 대역)크기의 역 L형 기생소자들을 방사 개구면 양측에 적층하였다. 패치 소자와 기생소자들 간의 커플링을 통하여 공진시킴으로써 선형편파 이중대역 특성을 얻을 수 있었다. 다음으로 GPS의 경우 원형편파를 사용하기 때문에 패치 상에 $\lambda/4$ (L_1 대역) 역 L형 기생소자를 서로 직각으로 시퀀셜 로테이션 기법을 이용하여 적층 시키고, 안테나의 한쪽 대각선 양 끝을 절개하여 원형편파 이중대역 마이크로스트립 안테나를 설계하였다. 이렇게 설계된 원형편파 안테나의 크기는 $0.43\lambda_L \times 0.43\lambda_L \times 0.06\lambda_L$ (여기에서 λ_L 은 1.227 GHz의 공기 중 한 파장)로 2중 구조 자세를 유지시켰다. -10 dB 대역폭은 GPS L_1 대역에서 120 MHz(7.6%), GPS L_2 대역 82.5 MHz(6.7%)로 측정되었으며, 3 dB 축비 대역폭은 172 MHz(10.9%)와 25 MHz(2.03%)로 각각 측정되어, 모두 GPS L_1 과 L_2 대역의 요구대역폭(각각 24 MHz)을 만족한다. 한편 방사 패턴은 모든 주파수에서 마이크로스트립 안테나와 같은 브로드 사이드 패턴 형태를 형성하였다.

핵심어 : 마이크로스트립 안테나, 이중대역, 기생소자, 커플링, GPS

ABSTRACT

In this paper, newly proposed dual-band microstrip antennas using stacked inverted-L-shaped parasitic elements are presented for GPS L_1 (1.575 GHz) and L_2 (1.227 GHz) bands. For making dual band which has large interval, $\lambda/4$ (L_1 band) inverted-L-shaped parasitic elements were stacked at both side of radiation apertures on the half-wavelength(L_2 band) patch antennas. The resonance in the parasitic elements occurs through coupling to the patch. Next, due to using circular polarization at GPS, $\lambda/4$ (L_1 band) inverted-L-shaped parasitic elements was stacked using sequential rotation technique on the patch and both side of the diagonal corners of the antenna were eliminated to make dual-band circular polarization. The designed circular polarized antenna's dimensions are $0.43\lambda_L \times 0.43\lambda_L \times 0.06\lambda_L$ (λ_L is the free-space wavelength at 1.227 GHz). Measured -10 dB bandwidths was 120 MHz(7.6%) and 82.5 MHz(6.7%) at GPS L_1 and L_2 bands. and 3 dB axial ration bandwidths are 172 MHz(10.9%) and 25 MHz(2.03%), respectively. All of these cover the respective required system bandwidths. Within each of the designed bands, broadside radiation patterns were observed.

Key words : Microstrip antennas, Dual-band, Parasitic elements, Coupling, GPS

† 본 연구는 방위사업청과 국방과학연구소가 지원하는 국방위성항법특화연구센터 사업의 일환으로 수행되었습니다.

* 주저자 : 충남대학교 전자전과정보통신공학부 석사과정

** 공저자 및 교신저자 : 충남대학교 전자공학과 교수

† Received 2 April 2015; reviewed 26 May 2014; Accepted 27 May 2015

I. 서 론

Global Positioning System(GPS)은 미국 국방성에 의해 개발되었으며, 전 세계 어디에서든지 실시간으로 자기위치를 알 수 있게 해주는 위성을 이용한 항법 시스템이다. 이러한 이점으로 민간용 및 군용으로 사용되며, 그에 따라 다양한 대역이 존재한다. 이러한 GPS의 수신 안테나로써 일반적으로 마이크로스트립 패치 안테나가 사용되고 있다.

마이크로스트립 패치 안테나는 저자세로 브로드사이드한 방사 패턴을 가지며, 대량생산에 쉽다는 장점이 있다[1, 2]. 하지만 마이크로스트립 패치 안테나는 대표적인 정재파 안테나 중 하나로 협대역 특성이 있어 GPS의 단일대역만을 수신할 수 있다. 따라서 다양한 GPS 신호를 수신하기 위해서는 다중대역 마이크로스트립 안테나의 개발이 필요로 하다.

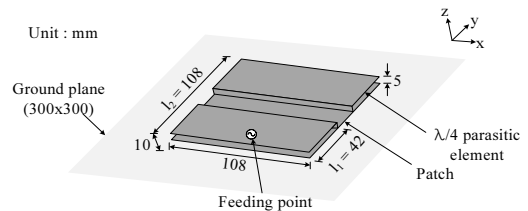
기존의 다중대역 마이크로스트립 안테나의 대표적인 안테나로 적층형 마이크로스트립 안테나가 있다. 적층형 마이크로스트립 안테나의 경우 해당되는 대역의 안테나를 수직으로 적층함으로써 다중대역 특성을 얻을 수 있다[3]. 하지만 주파수 대역 간격이 넓은 다중대역 특성을 얻기 위해서는 적층형 마이크로스트립 안테나로는 설계하기 어려운 점이 있다. 다음으로는 마이크로스트립 안테나의 개구면에 기생소자를 장착한 마이크로스트립 안테나 예로 들 수 있다[4]. 마이크로스트립 안테나의 패치와 방사 개구면에 장착된 기생소자들 간의 커플링을 통한 저자세를 유지하면서 다중대역 형성하지만, 이 안테나의 경우 방사 개구면에 기생소자의 변형으로 방사 패턴이 고르지 못할 뿐만 아니라, 구조적 문제로 인하여 원형편파 발생이 어렵다. 따라서 저자세를 유지하면서 방사 패턴이 고르며, 원형편파 발생이 쉬운 새로운 구조의 다중대역 마이크로스트립 안테나가 필요하다.

본 논문에서는 마이크로스트립 패치 안테나 위에 $\lambda/4$ 의 역 L형 기생소자들을 적층함으로써 패치 소자와 기생소자간의 커플링을 통해 주파수대역 간격이 큰 GPS L_1 대역과 L_2 대역을 수신할 수 있는 새로운 이중대역 마이크로스트립 안테나를 설계하였

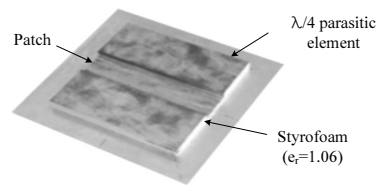
다. 패치 소자를 하위주파수(L_2 대역)에 공진시켰고, 상위주파수(L_1 대역)는 기생소자들을 이용하여 공진시켰다. 먼저 패치 소자 위에 2개의 $\lambda/4$ 역 L형 기생소자를 적층함으로써 선형편파 이중대역 마이크로스트립 안테나를 설계하였고, 다음으로 원형편파를 발생시키기 위해서 패치 소자 위에 4개의 역 L형 기생소자를 서로 직각인 시퀀셜 로테이션 기법 [5, 6]으로 적층 시키고, 패치 안테나와 기생소자의 한쪽 대각선의 양쪽을 절개시켜 원형편파 이중대역 마이크로스트립 안테나 특성을 얻었다.

II. 본 론

1. 기생소자를 결합한 선형편파 이중대역 마이크로스트립 안테나



(a) Structure



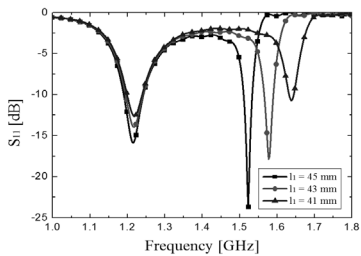
(b) Fabricated antenna

〈그림 1〉 기생소자를 결합한 선형편파 이중대역 마이크로스트립 안테나의 구조

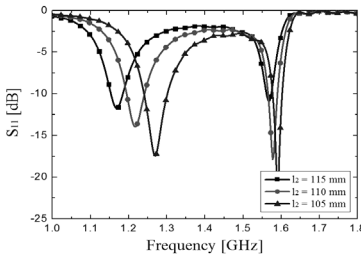
〈Fig. 1〉 Structures of the linear polarized dual-band microstrip antenna

그림 1에는 설계된 $\lambda/4$ 역 L형 기생소자를 결합한 선형편파 이중대역 마이크로스트립 안테나의 구조와 제작된 모습을 나타내었다. 설계된 안테나는 1.227 GHz(L_2 대역)의 반 파장 크기를 가지는 패치 소자와 패치 소자의 위에 놓인 2개의 $\lambda/4$ (L_1 대역)

역 L형의 기생소자로 구성된다. 2개의 $\lambda/4$ 역 L형 기생소자를 패치 안테나의 위에 적층시킴으로써 패치 소자와 기생소자 간에 커플링을 통해 역 L형의 기생소자가 패치 공진주파수에서 간격이 떨어진 1.575 GHz(L_1 대역)에서 공진할 수 있다. 여기서 2개의 역 L형 기생소자를 대칭적으로 적층한 이유는 하나의 기생소자만을 이용하여도 같은 공진의 효과를 얻을 수 있으나, 방사 패턴의 변형되기 때문에 양쪽으로 기생소자를 배치해 대칭적인 방사 패턴을 얻기 위해서이다.



(a) Parameter by l_1
($l_2 : 108$ mm)



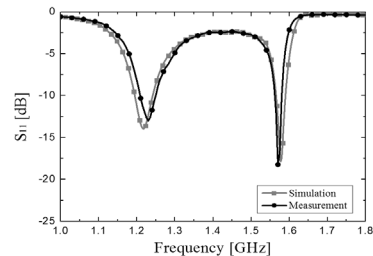
(b) Parameter by l_2
($l_1 : 42$ mm)

〈그림 2〉 파라미터 변화에 따른 S_{11} (단위: mm)
〈Fig. 2〉 S_{11} by parameters (Unit: mm)

그림 2에는 먼저 역 L형 기생소자와 패치 안테나의 길이의 효과를 알아보기 위해서 파라미터별 S_{11} 변화를 확인해 보았다. 그림 2(a)에는 역 L형 기생소자의 길이(l_1)를 조절하였을 때 변화되는 S_{11} 을 나타내었다. 이때 패치 안테나의 길이(l_2)는 108 mm로 설정하였다. 그 결과 역 L형 기생소자의 길이 45 mm에서 41 mm까지 2 mm씩 조절할 경우 상위 공진주파수가 1.52 GHz에서 1.63 GHz로 상향하는 반면, 하위 주파수는 변화되지 않은 것을 알 수 있다.

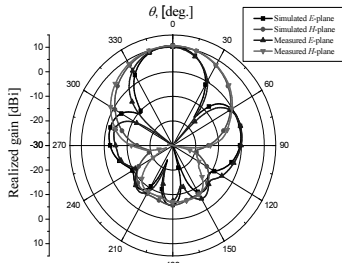
다음으로 역 L형 기생소자의 길이는(l_1) 42 mm로 고정하고, 패치 안테나의 길이(l_2)를 조절하였을 때 변화되는 S_{11} 을 그림 2(b)에 나타내었다. 패치 안테나의 길이(l_2)를 115 mm에서 105 mm까지 5 mm씩 변화하였을 때 하위주파수가 1.17 GHz에서 1.27 GHz까지 변화되며, 이 경우 역시 상위 공진주파수는 변화되지 않는다. 따라서 선형편파 이중대역 마이크로스트립 안테나의 경우 개별 파라미터에 의해 공진주파수를 다른 대역의 영향 없이 독립적으로 조절할 수 있어 공진 주파수 조절에 유리한 장점을 가진다.

이렇게 제작된 안테나는 그림 1(b)에 나타내었으며, 저자세에 2중 구조를 가진다. 제작된 안테나는 300 mm \times 300 mm($1.23\lambda_L \times 1.23\lambda_L$, 여기에서 λ_L 은 1.227 GHz의 공기 중 파장)의 알루미늄 접지면 위에 설계되었다. 패치 소자와 기생소자들의 모양을 유지하기 위해서 styrofoam ($\epsilon_r = 1.06$)으로 지지하여 제작하였다. 끝으로 급전은 coaxial probe 급전 방법을 이용하여 패치 소자에 급전시켰다. 제작된 안테나의 최적화된 파라미터는 $l_1 = 42$ mm와 $l_2 = 108$ mm를 가지며, 크기는 108 mm \times 108 mm \times 10 mm($0.44\lambda_L \times 0.44\lambda_L \times 0.04\lambda_L$)를 가진다.

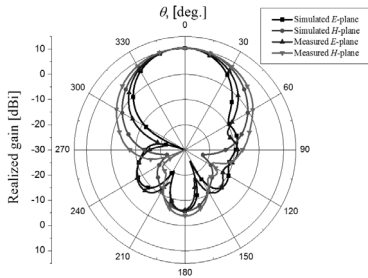


〈그림 3〉 S_{11}
〈Fig. 3〉 S_{11}

그림 3에는 역 L형 기생소자 결합 선형편파 이중대역 안테나의 시뮬레이션 및 측정된 S_{11} 을 나타내었다. 측정된 -10 dB 대역폭은 GPS L_1 대역(1.575 GHz, 요구대역폭 24 MHz)에서 25 MHz(1.59%), GPS L_2 대역(1.227 GHz, 요구대역폭 24 MHz)에서 39 MHz(3.18%)로 두 대역에서 모두 시스템의 요구 대역폭을 만족한다.



(a) 1.575 GHz(L₁ band)



(b) 1.227 GHz(L₂ band)

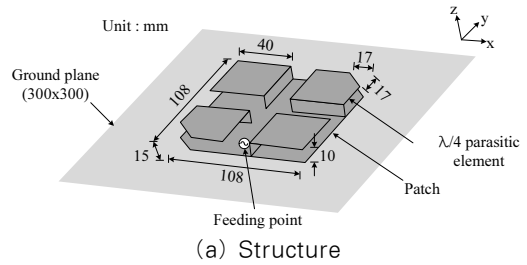
〈그림 4〉 방사 패턴
〈Fig. 4〉 Radiation patterns

그림 4에는 방사 패턴을 나타내었는데, 시뮬레이션과 측정이 일치하며, 이득은 각각 1.227 GHz에서 10.4 dBi, 1.575 GHz에서 10.1 dBi로 측정되었으며, 전형적인 마이크로스트립 패치 안테나의 브로드사이드 방사 패턴 특성을 나타내었다.

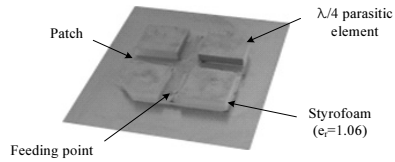
따라서 설계된 선형편파 이중대역 마이크로스트립 안테나는 저차세의 2중 구조를 가지며, 대역 간격이 넓은 이중대역 특성을 나타냄을 확인하였고, 이중대역 원형편파 안테나로 확대 가능성을 제시하였다.

2. 기생소자를 이용한 원형편파 이중대역 마이크로스트립 안테나

GPS는 실제 원형편파를 사용하기 때문에 이를 수용하기 위해 역 L형 기생소자들의 결합을 이용하여 원형편파 이중대역 특성을 얻고자 하였으며 설계된 안테나를 그림 5에 나타내었다. 이중대역을 형성하기 위해서 1.227 GHz 패치 소자 위에 4개 기생소자를 서로 직각으로 시퀀셜 로테이션 기법을 이용하여 적층시켜 1.575 GHz를 공진시켰다. 또한,



(a) Structure

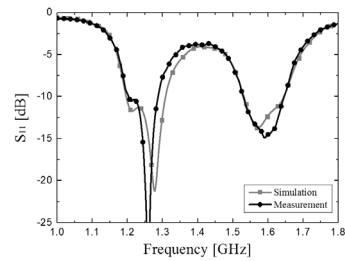


(b) Fabricated antenna

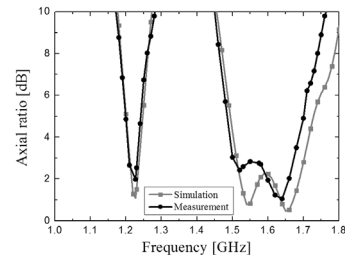
〈그림 5〉 기생소자를 이용한 원형편파 이중대역 마이크로스트립 안테나의 구조

〈Fig. 5〉 Structures of the circular polarized dual-band microstrip antenna

원형편파를 형성하기 위해서 패치 소자와 기생소자의 한쪽 대각선을 절개하였다. 설계된 안테나의 구조는 그림 5(a)에 나타내었으며, 크기는 108 mm × 108 mm × 15 mm(0.44λ_L × 0.44λ_L × 0.06λ_L)의 크기



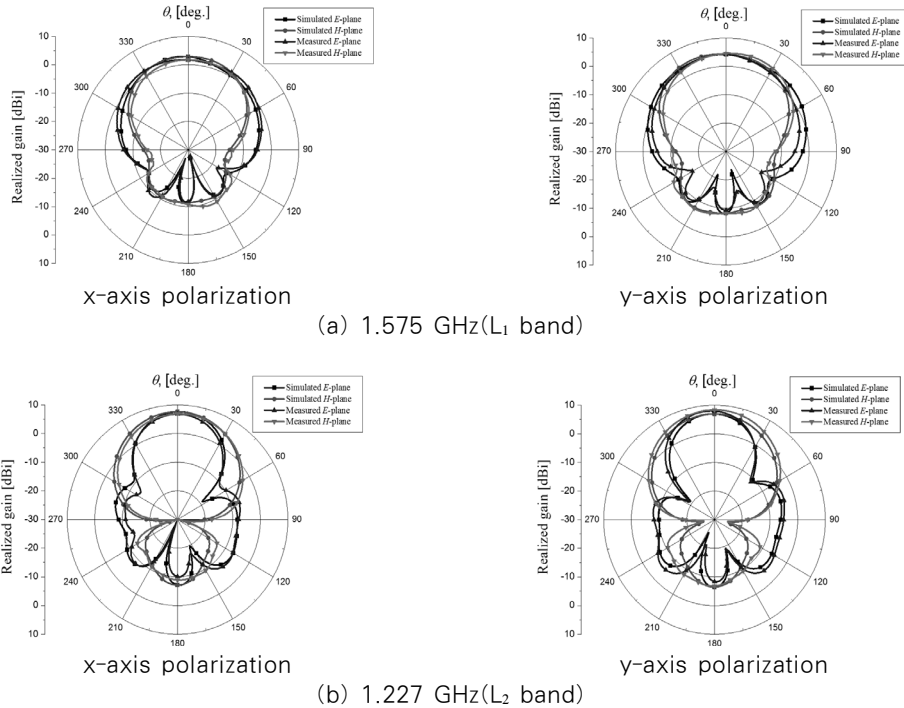
(a) S₁₁



(b) Axial ratio

〈그림 6〉 S₁₁ 및 축비

〈Fig. 6〉 S₁₁ and axial ratio



〈그림 7〉 방사 패턴

〈Fig. 7〉 Radiation patterns

를 가진다. 선형편파 이중대역 마이크로스트립 안테나와 같은 방법으로 제작하였으며, 제작된 모습을 그림 5(b)에 나타내었다.

그림 6에는 시뮬레이션 및 측정된 원형편파 이중대역 안테나의 S_{11} 및 축비를 나타내었다. 시뮬레이션과 측정치는 거의 같으며, 측정된 -10 dB 대역폭은 GPS L_1 대역에서 120 MHz(7.6 %)이며, GPS L_2 대역에서는 82.5 MHz (6.7 %)이다. 또한, 3 dB 축비 대역폭은 각각 172 MHz(10.9%), 25 MHz(2.0%)로 측정되었다. 따라서 제안된 원형편파 이중대역 안테나의 경우 두 대역에서 모두 GPS의 요구 대역폭을 만족한다.

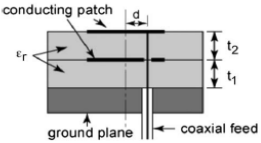
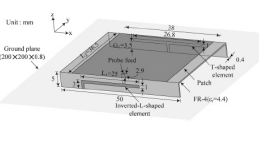
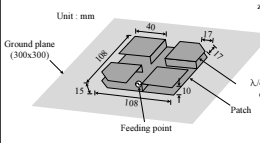
그림 7에는 원형편파 이중대역 안테나의 방사 패턴을 나타내었다. 공기층으로 만든 일반적인 마이크로스트립 안테나의 경우 E-plane에서의 빔폭은 $50^\circ \sim 60^\circ$ 을 가지지만, 제안된 안테나의 1.575 GHz에서의 방사 패턴은 약 92° 의 넓은 빔폭을 형성하였으며, y축 편파 E-plane 0° 에서 4.1 dBi의 이득을 얻었다. 1.227 GHz에서는 일반적인 마이크로스트립

패치 안테나와 비슷한 빔폭을 가지며, 이득은 y축 편파 E-plane 0° 에서 7.8 dBi를 얻었으며, 두 대역에서 모두 브로드 사이드한 방사패턴을 얻었다.

끝으로 표 1에는 기존의 마이크로스트립 패치 안테나와 제안된 안테나의 구조와 특징을 비교하여 나타내었다. 일반적인 적층형 마이크로스트립 패치 안테나[3]는 비교적 간단한 구조를 가지지만, 주파수 간격이 큰 대역을 수용하기 어려울 뿐만 아니라, 다중대역을 수용하기 위해서는 안테나의 높이가 증가해야 한다는 단점이 있다. 반면, 기생소자를 방사 개구면에 장착한 마이크로스트립 안테나[4]는 저자세로 다중대역을 수용할 수 있지만, 원형편파로 제작하기에는 다소 어려움이 있다. 반면, 제안된 안테나의 경우 다중대역으로 설계하기 위해선 패치 안테나 위에 각각의 주파수에 해당되는 역 L형 기생소자를 적층시킴으로써 저자세를 유지할 수 있고, 원형편파를 구현하기 쉬우며, 또한 3중 대역으로 확장이 가능하다.

〈표 1〉 특성비교

〈Table 1〉 Characteristic comparison

	Stacked microstrip antenna (Ref. [3])	Microstrip antenna using parasitic elements (Ref.[4])	Proposed antenna
Structure			
Characteristic	<ul style="list-style-type: none"> • Simple structure • Difficulty to accommodate wide interval frequencies • High height to accommodate multi-band 	<ul style="list-style-type: none"> • Low-profile • Accommodation of wide interval frequencies • Difficulty to occur about circular polarization • Asymmetrical radiation patterns 	<ul style="list-style-type: none"> • Low-profile • Accommodation of wide interval frequencies • Easy to occur about circular polarization • Easy to occur about circular polarization • Possibility to resonate triple band

III. 결 론

본 논문에서는 GPS L_1 및 L_2 대역을 수용할 수 있는 새로운 형태의 이중대역 마이크로스트립 안테나를 설계하였다. 기본 마이크로스트립 패치 안테나의 양쪽 방사 개구면 위에 $\lambda/4$ 역 L형 기생 소자를 적층함으로써, 패치와 기생소자의 커플링을 통해 두 주파수대역 간격이 넓은 이중대역을 공진하는 선형편파 마이크로스트립 안테나를 설계 하였다. 설계된 선형편파 마이크로스트립 안테나는 파라미터 연구를 통해 각각의 파라미터에 의해 독립적인 공진주파수 조절 가능성을 확인하였다. 또한, 원형편파를 발생시키기 위해서 $\lambda/4$ 역 L형 기생소자 4개를 시퀀셜 로테이션 기법으로 적층 하였고, 안테나의 한쪽 대각선 일부를 절개하여 원형편파 이중대역 마이크로스트립 안테나를 설계하였다. 제작된 원형편파 이중대역 안테나의 측정된 -10 dB 대역폭 및 3 dB 축비 대역폭 모두 GPS 요구 대역폭을 만족하였다. 방사 패턴의 경우 모든 대역에서 브로드 사이드한 방사 패턴을 얻었다.

따라서 설계된 안테나는 주파수 대역 간격이 넓은 새로운 형태의 다중대역 마이크로스트립 안테나

로 설계하였으며, 특징으로는 2중 구조자세, 이중대역 그리고 모든 대역에서 브로드 사이드한 방사패턴을 얻어 주파수대역 간격이 큰 GPS 이중대역 수신용 안테나로 적합함을 확인하였다.

REFERENCES

- [1] J. R. James and P. S. Hall, *Handbook of microstrip antennas*. London, United Kingdom, Peter Peregrinus Ltd., 1989.
- [2] D. M. Pozar and D. H. Schaubert, *Microstrip Antennas*, NJ, USA, Wiley - Interscience, 1995.
- [3] K. F. Lee and K. F. Tong, "Microstrip patch antennas—basic characteristics and some recent advances," *Proceedings of the IEEE*, vol. 100, no. 7, pp.2169-2180, Jul. 2012.
- [4] J.-W. Kim, T.-H. Jung, H.-K. Ryu, J.-M. Woo, C.-S. Eun and D.-K. Lee, "Compact multiband microstrip antenna using inverted-L- and T-shaped parasitic elements," *IEEE Anten. and Wirel. Propag. Lett.*, vol. 12, no. 1, pp. 1299-1302, Sep. 2013.

- [5] T. Zhang, W. Hong and K. Wu, "Analysis and optimum design of sequential-rotation array for gain bandwidth enhancement," *IEEE Trans. on Anten. and Propag.*, vol. 63, no. 1, pp.142-150, Nov. 2014.
- [6] S.-K. Lin and Y.-C. Lin, "A Compact sequential-phase feed using uniform transmission lines for circularly polarized sequential-rotation arrays," *IEEE Trans. on Anten. and Propag.*, vol. 59, no. 7, pp.2721-2724, Jul. 2014.

저자소개



김 준 원 (Kim, Jun-Won)

2013년 9월 ~ 현재 : 충남대학교 전자전파정보통신공학과 석사과정

2006년 2월 ~ 2013년 7월 : 충남대학교 전파공학과 (공학사)

e-mail : jw_kim@cnu.ac.kr



우 중 명 (Woo, Jong-Myung)

1996년 6월 ~ 현재 : 충남대학교 전파공학과 교수

1993년 4월 ~ 1996년 3월 : 일본, 니혼대학교 전자공학과 (공학박사)

1991년 4월 ~ 1993년 3월 : 일본, 니혼대학교 전자공학과 (공학석사)

1989년 3월 ~ 1990년 2월 : 건국대학교 전자공학과 (공학석사)

1981년 3월 ~ 1985년 2월 : 건국대학교 전자공학과 (공학사)

e-mail : jmwoo@cnu.ac.kr