

방사개구면에 역 L형 기생소자를 세운 GPS용 이중대역 마이크로스트립 안테나 설계

A Design of Dual-band Microstrip Antenna Loading Inverted-L-shaped Parasitic Elements Vertically at Radiation Apertures for GPS Applications

최윤선*

(Yoon-Seon Choi)

(Chungnam national university)

우종명**

(Jong-Myung Woo)

(Chungnam national university)

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

요약

본 논문에서는 마이크로스트립 패치 안테나의 방사개구면에 역 L형 기생소자를 수직으로 세운 이중대역 마이크로스트립 안테나를 설계 및 제작하였다. 제안된 안테나는 GPS L₁(1.575 GHz)과 L₂(1.227 GHz) 대역을 수용하도록 설계하였다. 먼저, GPS L₁ 대역은 반파장 마이크로스트립 패치 안테나를 이용하여 수용하였고, 섭동법을 이용하기 위해 방사개구면에 수직으로 세워 역 L형 기생소자를 패치안테나와 커플링시켜 공진시킴으로써 GPS L₂ 대역을 수용하였다. 다음으로 두 대역에서 모두 원형편파를 발생시키기 위해서 급전점 반대편 방사개구면에 각각의 편파에 해당하는 방사개구면에 역 L형 기생소자를 각각 세웠고, 패치 안테나의 급전점을 대각선으로 옮겨 이중대역 원형편파 마이크로스트립 안테나를 설계하였다. 이렇게 설계된 원형편파 안테나의 크기는 88.5 × 79 × 10.4 mm³ (0.36 λ_L × 0.32 λ_L × 0.04 λ_L, λ_L은 1.227 GHz의 공기 중 파장)의 크기를 가지며, 단층으로 저자세를 유지한다. -10 dB 대역폭은 GPS L₁대역에서 116.3 MHz(7.4%), GPS L₂대역 64.3 MHz(5.2%)로 측정되어 GPS L₁과 L₂ 대역의 요구대역폭(각각 24 MHz)을 만족하였다. 3 dB 축비 대역폭은 11.7 MHz(0.74%)와 14 MHz(1.14%)로 각각 측정되었으며, 방사패턴은 두 대역에서 모두 브로드 사이드 방사패턴을 형성하였다.

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

ABSTRACT

In this paper, we present novel dual-band microstrip antennas using inverted-L-shaped parasitic elements vertically at radiation apertures for GPS L₁(1.575 GHz) and L₂(1.227 GHz) bands. For making dual band which has large interval, the inverted-L-shaped parasitic element was loaded at the radiation aperture of a half-wavelength patch antenna(GPS L₁) in opposite direction of the feeding point for receiving the low frequency(GPS L₂). The low frequency occurs by perturbation and coupling between the patch and parasitic. Next, due to use circular polarizations at the GPS applications, two inverted-L-shaped parasitic elements were loaded at radiation apertures of each polarizations and the feeding point was moved at diagonal part of the patch. The dimensions of the designed circularly polarized antenna were 88.5 × 79 × 10.4 mm³ (0.36λ_L × 0.32λ_L × 0.04λ_L, λ_L is the free-space wavelength at 1.227 GHz). Measured -10 dB bandwidths were 116.3 MHz(7.4%) and 64.3 MHz(5.2%) at GPS L₁ and L₂ bands, respectively. All of these cover the respective required system bandwidths. The measured 3 dB axial ratio bandwidths were 11.7 MHz(0.74%) and 14 MHz(1.14%), respectively. Within each of the designed bands, broadside radiation patterns were observed.

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

† 본 연구는 방위사업청과 국방과학연구소가 지원하는 국방위성항법특화연구센터 사업의 일환으로 수행되었습니다.

* 주저자 : 충남대학교 전자전파정보통신공학부 석사과정

** 공저자 및 교신저자 : 충남대학교 전파공학과 교수

† Received 24 July 2015; reviewed 24 August 2015; Accepted 31 August 2015

I. 서론

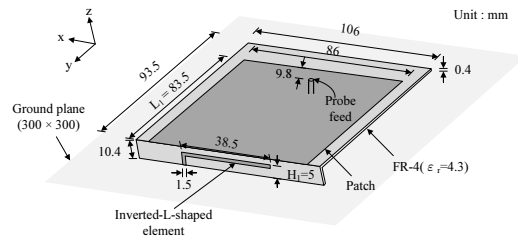
마이크로스트립 안테나는 금속성 패치와 접지면 사이에 유전체를 넣어 간단히 제작할 수 있다는 장점과 저자세와 브로드사이드한 방사패턴으로 인하여 현재에는 항공기, 미사일 또는 이동 통신 분야에서의 안테나로 많이 사용되고 있다[1-3]. 마이크로스트립 패치 안테나의 발달은 1970년대 초 우주선 분야에 응용되면서 매우 인기가 높아져 많은 연구가 되었으며, 그 중 다중대역 특성화 역시 많이 연구되었다. 대표적인 다중대역 마이크로스트립 패치 안테나로 적층형 구조[4, 5]와 스테르브를 이용한 구조[6]를 예로 들 수 있다. 반파장 마이크로스트립 패치 안테나들을 수직으로 적층함으로써 여러 대역을 수용할 수 있는 적층형 구조는 단순하지만, 여러 대역을 수용하기 위해서는 지속해서 안테나의 높이가 증가하는 단점이 있다. 스테르브를 이용한 구조는 패치 안테나에 스테르브를 연결하여 다중대역을 형성하였다. 하지만 스테르브의 길이에 의해서 안테나의 크기가 증가하게 되는 단점이 있다. 따라서 단층의 저자세를 유지하면서 안테나의 크기가 증가하지 않는 새로운 형태의 다중대역 마이크로스트립 안테나의 연구가 필요하다.

본 논문에서는 GPS $L_1(1.575\text{ GHz})$ 과 $L_2(1.227\text{ GHz})$ 대역을 수용할 수 있는 이중대역 마이크로스트립 패치 안테나를 설계하였다. 방사개구면에 역 L형 기생소자를 세웠고, 패치 소자와 기생소자간의 커플링과 섭동법[7]을 통해 GPS L_1 대역과 L_2 대역을 수신할 수 있는 단층의 저자세인 새로운 형태의 다중대역 안테나를 설계하였다. 먼저, 패치 소자를 상위주파수(L_1 대역)에 공진시켰고, 다음으로 역 L형 기생소자를 방사개구면에 세움으로써 하위주파수(L_2 대역)를 공진시켜 이중대역을 형성하였다. 기존의 선형 연구된 3중대역 마이크로스트립 안테나[8]는 역 L형과 T형의 기생소자를 선형편파 마이크로스트립 안테나의 양쪽 방사개구면에 세워 3중대역 선형편파 마이크로스트립 안테나를 설계하였지만, GPS의 경우 원형편파를 사용하고 있기 때문에, 본 논문에서는 각각의 편파의 방사개구면에 역 L형 기

생소자를 하나씩 세우고, 급전점을 패치 안테나의 대각선에 위치하였다. 아래에는 위에 설명된 이론을 바탕으로 설계되고 제작된 안테나들에 대해 기술하고자 한다.

II. 본론

1. 방사개구면에 기생소자를 세운 이중대역 선형편파 마이크로스트립 안테나



〈그림 1〉 방사개구면에 기생소자를 세운 이중대역 선형편파 마이크로스트립 안테나의 구조

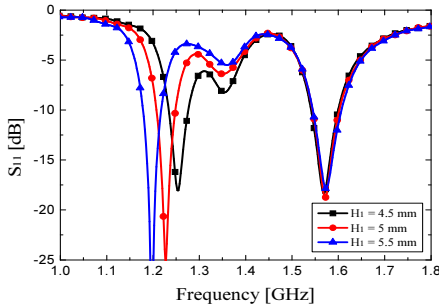
〈Fig. 1〉 Structure of the dual-band linear polarized microstrip antenna loading an inverted-L-shaped parasitic element at the radiation aperture

그림 1에는 설계된 이중대역 선형편파 마이크로스트립 안테나의 구조를 나타내었다. 설계된 안테나는 $300 \times 300\text{ mm}^2(1.227\lambda_L \times 1.227\lambda_L)$, λ_L 은 자유공간에서 1.227 GHz의 파장)로 충분히 큰 접지면 위에서 설계하였고, 패치와 역 L형 기생소자를 지지하기 위해서 0.4 mm 두께의 FR-4($\epsilon_r = 4.3$) 기판을 사용하였다. 한편, 급전은 패치 안테나에 coaxial probe 급전을 하였다.

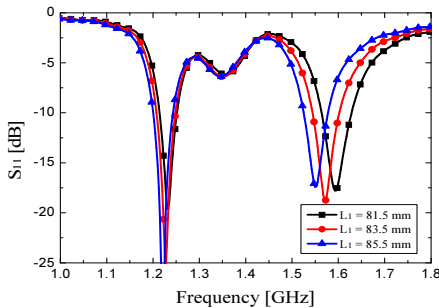
설계된 안테나는 상위주파수인 GPS L_1 대역을 패치 안테나로 수용하였다. 하위주파수인 GPS L_2 대역을 수용하기 위해서 방사개구면에 역 L형 기생소자를 수직으로 세웠는데, 이는 역 L형 기생소자와 패치 간의 커플링을 통하여 이중대역을 형성할 뿐만 아니라, 전계 에너지가 강한 패치의 끝 부분에 기생소자를 배치함으로써 섭동법 효과로 안테나를 소형화하기 위해서이다. 또한, 급전쪽 방사개구면의 전류세기가 강하기 때문에 기생소자를 내장할 경우 급

전점과 접지면이 상당히 가깝게 되어 대역폭이 좁아 지므로 급전점 반대편에 기생소자를 배치하였다.

제안된 방사개구면에 기생소자를 세운 이중대역 선형편파 안테나의 경우 각각의 공진주파수를 독립적인 파라미터에 의해서 조절이 가능하다. 이를 증명하기 위해서 CST MWS 2010의 시뮬레이터를 이용하여 파라미터 연구를 하였다.



(a) By Parameter H_1
(L_1 : 83.5 mm)



(b) By parameter L_1
(H_1 : 5 mm)

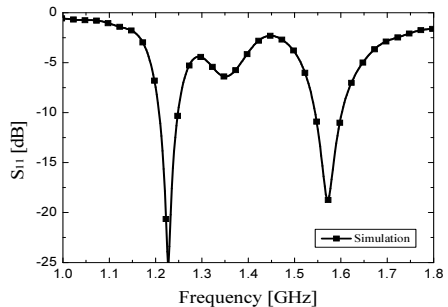
〈그림 2〉 파라미터 변화에 따른 S_{11} 변화 (단위: mm)
〈Fig. 2〉 S_{11} variations by parameters (Unit : mm)

그림 2에는 시뮬레이션을 통한 파라미터 변화에 따른 S_{11} 을 나타내었다. 먼저, 그림 2(a)에는 역 L형 기생소자의 높이(H_1)을 변화시켰을 때 S_{11} 을 나타내었는데, 이때 패치 안테나의 길이(L_1)는 83.5 mm로 설정하였다. 역 L형 기생소자의 높이(H_1)를 4.5 mm에서 5.5 mm까지 0.5 mm씩 증가시킬 경우 하위주파수의 공진주파수가 1.26 GHz에서 1.19 GHz로 하향하는 반면, 상위주파수는 거의 변화되지 않은 것을 알 수 있다. 이는 하위주파수의 경우 패치와 기

생소자간의 커플링으로 생성된 공진이 기생소자의 높이(H_1)가 달라짐에 따라 섭동법 효과가 크게 작용하여 공진주파수가 하향되는 것이다.

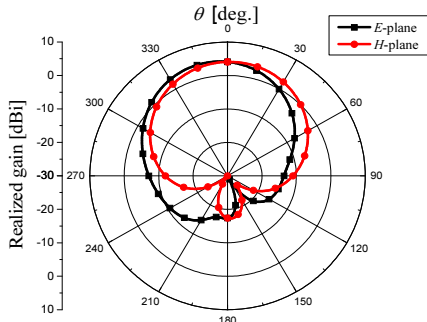
다음으로 역 L형 기생소자의 높이는(H_1) 5 mm로 고정하고, 패치 안테나의 길이(L_1)를 변화시켰을 때 S_{11} 을 그림 2(b)에 나타내었다. 패치 안테나의 길이(L_1)를 81.5 mm에서 85.5 mm까지 2 mm씩 변화하였을 때 상위주파수가 1.55 GHz에서 1.595 GHz까지 변화되며, 하위 공진주파수는 거의 변화되지 않는다. 이는 패치 안테나의 길이(L_1)에 의해 정해진 공진주파수가 변화되는 것으로 상위주파수는 패치 안테나에 의해 공진됨을 알 수 있다. 따라서 선형편파 이중대역 마이크로스트립 안테나의 경우 개별 파라미터에 의해 공진주파수를 다른 대역의 영향 없이 독립적으로 조절할 수 있어 공진주파수 조절에 유리한 장점을 가진다.

이렇게 설계된 안테나가 GPS L_1 과 L_2 대역을 수용하기 위한 최적화된 파라미터는 $H_1 = 5$ mm와 $L_1 = 83.5$ mm를 가지며 안테나 크기는 86 mm × 83.5 mm × 10.4 mm($0.35\lambda_L \times 0.34\lambda_L \times 0.04\lambda_L$)로 일반적으로 반파장의 크기를 가지는 마이크로스트립 안테나보다 소형화 되었다.

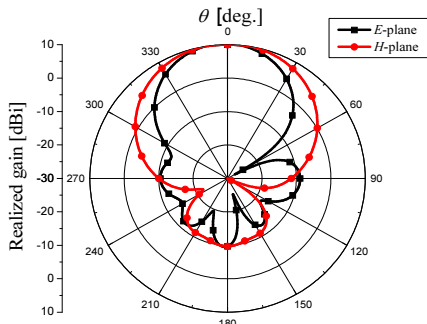


〈그림 3〉 최적화된 S_{11} 시뮬레이션 결과
〈Fig. 3〉 Optimized result of simulated S_{11}

그림 3에는 방사개구면에 기생소자를 세운 이중대역 선형편파 마이크로스트립 안테나의 시뮬레이션된 S_{11} 을 나타내었다. 시뮬레이션 -10 dB 대역폭은 GPS L_1 대역(1.575 GHz, 요구대역폭 24 MHz)에서 57.8 MHz(3.67 %), GPS L_2 대역(1.227 GHz, 요구



(a) 1.575 GHz (L_1 band)



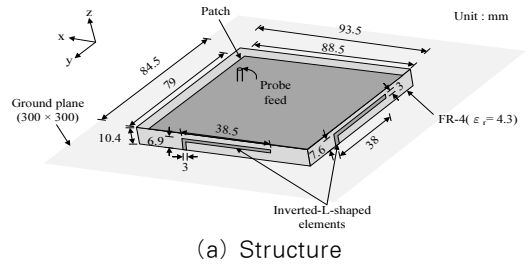
(b) 1.227 GHz (L_2 band)

〈그림 4〉 방사 패턴(시뮬레이션)
 〈Fig. 4〉 Radiation patterns(simulation)

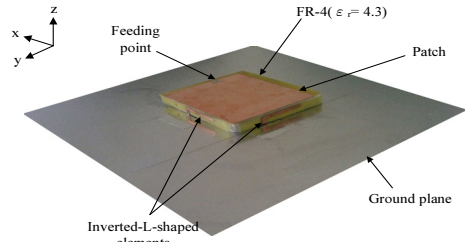
대역폭 24 MHz)에서 40.8 MHz(3.33 %)로 두 대역에서 모두 시스템의 요구 대역폭을 만족한다. 한편, 공진된 상, 하위주파수 사이에 공진이 발생하는데, 비대칭 구조를 가지는 역 L형 기생소자에 의해서 발생하는 교차 편파의 공진이다.

그림 4에는 시뮬레이션된 방사 패턴을 나타내었고, 이득은 각각 1.227 GHz에서 4.33 dBi, 1.575 GHz에서 10.3 dBi로 나타났으며, 전형적인 마이크로스트립 패치 안테나의 브로드 사이드 방사 패턴 특성을 나타내었다.

따라서 설계된 이중대역 선형편파 마이크로스트립 안테나의 경우 단층의 저자세로 이중대역 특성을 가지며 독립적인 공진주파수 조절이 가능함을 확인하였다. 또한, 제안된 안테나의 특성 결과를 바탕으로 이중대역 원형편파 안테나로 확대 가능함을 제시하였다.



(a) Structure



(b) Fabricated antenna

〈그림 5〉 방사개구면에 기생소자를 세운 이중대역 원형편파 마이크로스트립 안테나의 구조

〈Fig. 5〉 Structures of the dual-band circular polarized microstrip antenna loading the inverted-L-shaped parasitic elements at the radiation apertures

2. 방사개구면에 기생소자를 세운 이중대역 원형편파 마이크로스트립 안테나

다음으로 이중대역 원형편파를 발생시키기 위해서 급전점 반대편 각각의 편파 방사개구면에 역 L형 기생소자를 배치하였다. 또한, 급전점을 패치 안테나의 대각선에 배치하였다. 이렇게 설계된 안테나의 구조는 그림 5(a)에 나타내었으며, 제작된 안테나는 그림 5(b)에 나타내었다. 이때 제작된 안테나는 88.5 mm × 79 mm × 10.4 mm(0.36 λ_L × 0.32 λ_L × 0.04 λ_L)의 크기를 가진다.

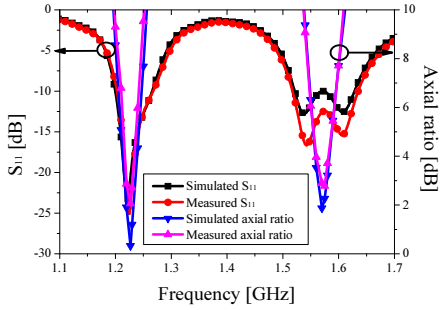
그림 6에는 시뮬레이션 및 측정된 이중대역 원형편파 안테나의 S_{11} 및 축비를 나타내었다. 시뮬레이션과 측정치는 거의 같으며, 측정된 -10 dB 대역폭은 GPS L_1 대역에서 116.3 MHz(7.4 %)이며, GPS L_2 대역에서는 64.3 MHz(5.2 %)로 두 대역에서 모두 GPS 요구 대역폭을 만족한다. 한편, 3 dB 축비 대역폭은 각각 11.7 MHz(0.74 %), 14 MHz(1.14 %)로 측정되었다.

그림 7에는 원형편파 이중대역 안테나의 방사패턴을 나타내었다. 일반적인 마이크로스트립 안테나의 경우 0도를 중심으로 비교적 대칭적인 패턴을 가지지만, 제안된 안테나의 경우 방사개구면의 한 쪽에만 기생소자를 배치하여 방사패턴이 대칭적이

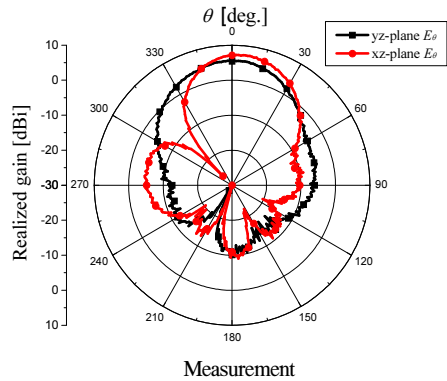
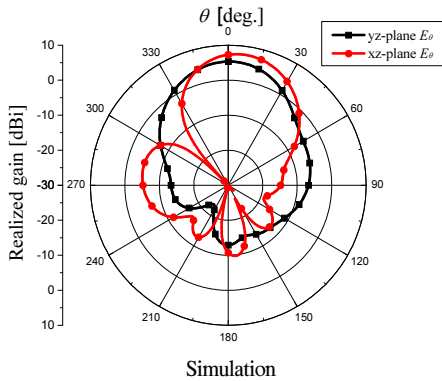
지 못하다. 하지만 두 대역에서 모두 브로드 사이드 한 방사패턴을 얻었다. 측정된 이득은 1.575 GHz xz -plane 6° 에서 7.3 dBi와 1.227 GHz xz -plane -11° 에서 5.56 dBi를 얻었다.

III. 결론

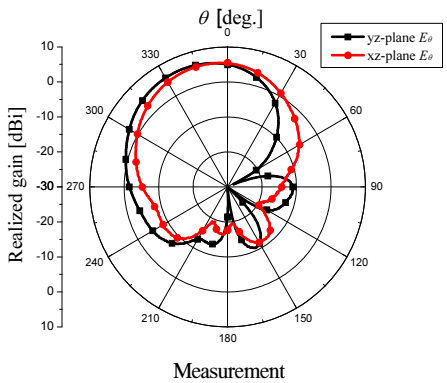
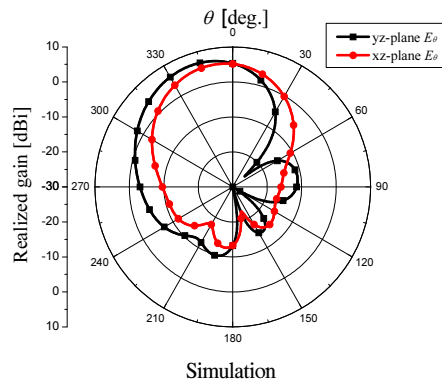
본 논문에서는 GPS L_1 및 L_2 대역을 수용할 수 있는 새로운 형태의 이중대역 마이크로스트립 안테나를 설계하였다. 기본 마이크로스트립 패치 안테나의 방사개구면에 역 L형 기생소자를 세움으로써, 패치와 기생소자의 커플링과 접동법을 통해 두 주파수대역 간격이 넓은 대역을 공진시켰을 뿐만 아니라 소형화까지 하였다. 이렇게 설계된 선형편파 마이크로스트립 안테나는 단층이면서 이중대역 특



〈그림 6〉 S_{11} 및 축비
 〈Fig. 6〉 S_{11} and axial ratio



(a) 1.575 GHz(GPS L_1 band)



(b) 1.227 GHz(GPS L_2 band)

〈그림 7〉 방사 패턴
 〈Fig. 7〉 Radiation patterns

성을 가지며, 파라미터 연구를 통해 각각의 파라미터에 의해 독립적인 공진주파수 조절 가능성을 확인하였다. 또한, 원형편파를 발생시키기 위해서 역 L형 기생소자를 각각의 편파의 급전점 반대편의 방사개구면에 하나씩 세웠고, 패치 안테나 대각선에 급전하였다. 제작된 원형편파 이중대역 안테나는 $0.35\lambda_L \times 0.34\lambda_L \times 0.04\lambda_L$ 의 크기를 가지며, 측정된 -10 dB 대역폭은 GPS 요구 대역폭을 만족하였다. 방사패턴의 경우 모든 대역에서 브로드 사이드한 패턴을 얻었다.

설계된 안테나는 기존의 다중대역 마이크로스트립 안테나와 달리 단층의 저자세를 유지하면서, 소형화된 크기로 이중대역 특성을 얻었다. 그리고 모든 대역에서 브로드 사이드한 방사패턴을 얻었고, 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. Schauert, *Microstrip Antennas*, NJ, USA, Wiley-Interscience, 1995.
- [3] K. F. Lee and W. Chen, *Advances in Microstrip and Printed Antennas*, New York, NY, USA, Wiley-Interscience, 1997.
- [4] 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.
- [5] J. Anguera, G. Font, C. Puente, C. Borja, and J. Soler, "Multifrequency microstrip patch antenna using multiple stacked elements," *IEEE Microwave and Wireless Components Lett.*, Vol. 13, no. 3, pp. 123-124, Mar. 2003.
- [6] A. A. Deshmukh and K. P. Ray, "Multi-band configurations of stub-loaded slotted rectangular microstrip antennas," *IEEE Antennas Propag. Mag.*, Vol. 52, no. 1, pp.89-103, Feb. 2010.
- [7] J. Seo and J. Woo, "Miniaturization of microstrip antenna using the iris," *Electron. Lett.*, Vol. 40, no. 12, pp.718-719, Jun. 2004.
- [8] 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 Antenn. and Wirel. Propag. Lett.*, Vol. 12, no. 1, pp.1299-1302, Sep. 2013.

저자소개



최 윤 선 (Choi, Yoon-Seon)

2014년 3월~ 현재 : 충남대학교 전자전과정정보통신공학과 석사과정

2010년 3월~2014년 2월 : 충남대학교 전파공학과 (공학사)

e-mail : yschoi73@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)

1988년 3월~1990년 2월 : 건국대학교 전자공학과 (공학석사)

1981년 3월~1985년 2월 : 건국대학교 전자공학과 (공학사)

e-mail : jmwoo@cnu.ac.kr