

주차장관리 시스템 기지국용 소형 $\lambda/4$ 폴디드 마이크로스트립 안테나

Miniaturized $\lambda/4$ Folded Microstrip Antenna for Parking Monitoring Base Station System

금재민* (Jae-Min Keum) 고동욱** (Dong-Ok Ko) 정재엽** (Jae-Yeop Jeong) 우종명*** (Jong-Myung Woo)
(Chungnam National Univ.) (Chungnam National Univ.) (Chungnam National Univ.) (Chungnam National Univ.)

요 약

본 논문에서는 주차장관리 시스템 기지국용 소형 $\lambda/4$ 폴디드 마이크로스트립 안테나를 제안, 설계 및 제작하였다. 제안된 안테나를 소형화하기 위해 먼저 기준 $\lambda/2$ 마이크로스트립 패치 안테나에서 방사소자 폭을 줄이고, 다음은 방사소자 길이를 줄여주기 위하여 섭동효과(Perturbation effect)를 이용하여 개구면에 폴디드 구조를 적용하였다. 끝으로 $\lambda/2$ 길이의 폴디드 마이크로스트립 안테나를 $\lambda/4$ 폴디드 마이크로스트립 안테나로 더욱 소형화시켰다. 설계된 안테나는 중심주파수 425 MHz에서 크기는 $134 \text{ mm} \times 143.85 \text{ mm} \times 20.1 \text{ mm}$ ($0.19\lambda \times 0.2\lambda \times 0.028\lambda$, λ 는 425 MHz의 한 파장 길이)로 기본 마이크로스트립 패치 안테나와 비교하여 97.2% 소형화 되었다. 또한 -10 dB 대역폭은 2.44 MHz(0.57%)로 측정되었으며 방사패턴은 E-plane 15o에서 최대 1.82 dBi의 이득을 얻었다.

핵심어 : 마이크로스트립 안테나, 섭동효과, 방사소자, 소형화, 기지국, 주차장관리

ABSTRACT

In this paper, miniaturized $\lambda/4$ folded microstrip antennas is presented for parking monitoring base station system. The proposed antenna reduced a width of the radiating element for miniaturizing a size and we changed an aperture such as folded shape for reducing a length of the antenna by the perturbation effect by reducing a width of the antenna. Finally, the $\lambda/2$ length of the folded microstrip antenna to $\lambda/4$ folded microstrip antenna was miniaturized by reducing the length. The proposed antenna was designed to receive 425 MHz of center frequency that can be used without permission. Dimensions are $134 \text{ mm} \times 143.85 \text{ mm} \times 20.1 \text{ mm}$ ($0.19\lambda \times 0.2\lambda \times 0.028\lambda$, λ is wavelength at 425 MHz) that are compared with basic microstrip patch antenna miniaturized 97.2%. Also, Measured -10 dB bandwidth was 2.44 MHz(0.57%). On the other hand, measured radiation patterns was 1.82 dBi at E-plane 15o.

Key words : Microstrip antennas, Perturbation effect, Radiating elements, Miniaturization, base station, Parking monitoring

† 본 연구는 산업통산자원부(대전지역산업평가단)가 지원하는 지역주력산업육성사업의 일환으로 수행되었습니다.

* 주저자 : 충남대학교 전자전파정보통신공학부 석사과정

** 공저자 : 충남대학교 전자전파정보통신공학부 석사과정

*** 공저자 및 교신저자 : 충남대학교 전파공학과 교수

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

† Received 2 March 2016; reviewed 17 March 2016; Accepted 29 March 2016

I. 서 론

현재 전 세계의 자동차는 계속해서 증가하고 있으며 국내의 경우 등록된 자동차가 2100만대를 돌파함으로써 세계 15번째로 차량이 많은 나라가 되었다. 이러한 자동차의 증가로 도심 및 사람이 많이 몰리는 공공시설에서는 주차 공간 확보를 위해 주차장 건설이 증대되고 있으며, 또한 효율적인 주차관리 방법에 대해 연구되고 있다.

최근에는 빈 주차공간을 표시하는 스마트 주차장으로 진화되어 건설되고 있다. 하지만 이러한 스마트 주차장관리시스템은 유선통신망을 이용할 경우 하드웨어적으로 통신망 설치에 어려운 경우가 많다. 반면 무선통신망을 이용할 경우에는 통신망 설치에 편의점이 많이 있다. 이때 사용주파수가 WLAN 대역일 경우 파장이 짧아 회절 특성이 좋지 못해 차량에 의한 전파음영영역이 많이 발생될 수 있다. 그러나 UHF대역(중심주파수 425 MHz)일 경우 회절 특성이 좋아 이 주파수 대역이 스마트주차장관리시스템용 주파수대로 바람직하다.

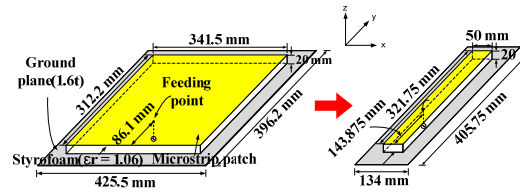
일반적인 UHF대역에서 사용되는 대표적인 안테나로는 헬리컬 구조의 안테나와 블레이드 구조의 안테나 등이 있다[1-3]. 헬리컬 안테나의 경우 모노폴 안테나를 소형화 시킨 구조로 접지면의 크기가 커야 급전 케이블로 흐르는 전류 누설을 막을 수 있다. 블레이드 구조의 안테나는 실외, 비행체 등에서 자주 사용되는 안테나로 복잡한 구조로 인해 제작비용이 많이 들게 된다. 따라서 저자세를 유지하면서 방사패턴 및 임피던스 조절 특성이 우수한 폴디드 구조를 이용하여 소형화된 마이크로스트립 안테나가 주차장관리 시스템 기지국 안테나로 바람직하다. 마이크로스트립안테나를 소형화하면 이득 특성이 나빠지게 되지만 주차장의 stop bar 및 시스템의 레이돔 내부에 실장하기 위해서는 소형화 과정이 필요하다.

본 논문에서는 스마트주차장관리 시스템 기지국용 안테나로써 마이크로스트립 안테나를 채택하였으며 이를 소형화시키기 위해 중심주파수 425 MHz에서 섭동효과(perturbation effect)를 이용하여 소형

$\lambda/4$ 폴디드된 마이크로스트립 안테나를 설계하였다 [4-7]. 이들 설계과정 및 결과들에 대해 기술하고자 한다.

II. 본 론

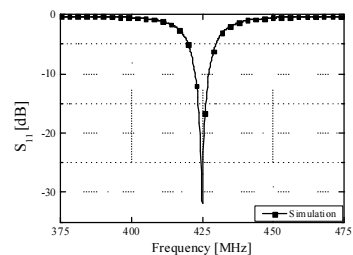
1. 방사소자 폭이 축소된 마이크로스트립 안테나



(a) Reference $\lambda/2$ microstrip patch antenna (b) Reduced width microstrip patch antenna

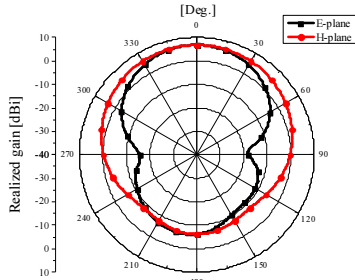
<Fig. 1> Width reduced process of microstrip patch antenna

<Fig. 1(a)>에는 기준으로 $\lambda/2$ 마이크로스트립 패치 안테나 구조 및 치수를 나타내었다. 중심주파수 425 MHz에서 방사소자 크기는 341.5 mm(0.48λ) × 312.2 mm(0.44λ) × 20 mm(0.028λ)를 나타내었다. 설계된 안테나는 공기층을 대신하여 styrofoam ($\epsilon_r = 1.06$)을 유전체로 사용하였다. 이를 기준으로 안테나의 소형화를 위해, 먼저 방사소자의 폭이 축소된 마이크로스트립 안테나를 설계하였고 그 구조를 <Fig. 1(b)>에 나타내었다. 안테나의 방사소자 크기는 50 mm(0.07λ) × 321.75 mm(0.45λ) × 20 mm(0.028λ)를 나타내었다. 여기서 방사소자 폭을 줄이게 되면 특성임피던스가 감소하게 되므로 임피던스 정합을 위하여 안테나의 급전점을 방사소자의 중앙으로 이 동시켜 감소된 임피던스성분을 증가시켰다.



<Fig. 2> S_{11} (simulation)

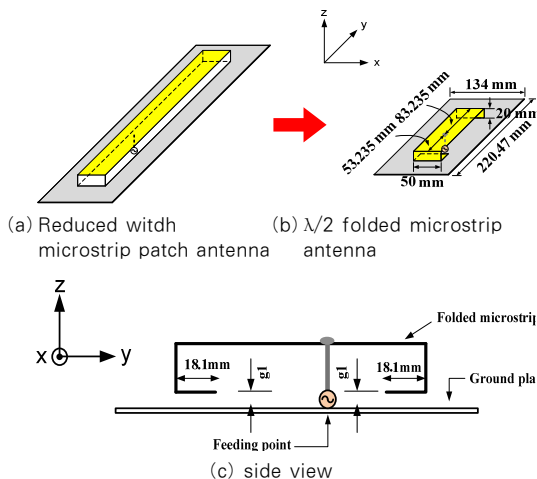
<Fig. 2>에는 설계된 방사소자의 폭이 축소된 마이크로스트립 패치 안테나의 시뮬레이션된 S_{11} 을 나타내었다. 시뮬레이션된 -10 dB 대역폭은 4.9 MHz(1.15%)로 설계되었다.



(Fig. 3) Radiation patterns(simulation)

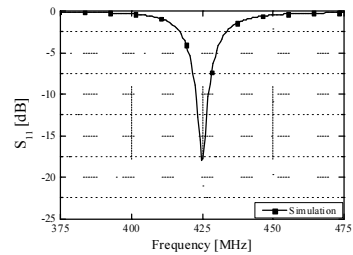
<Fig. 3>에는 시뮬레이션된 방사패턴을 나타내었다. 이득은 425 MHz에서 6.76 dBi를 얻었으며, 방사패턴은 브로드 사이드 방사 패턴 특성을 나타내었다. 기준 $\lambda/2$ 마이크로스트립 안테나와 비교하여 방사소자의 면적이 약 85% 소형화 되었다. 여기서, 후방방사레벨은 접지면 크기에 의해 조절될 수 있다. 폭이 좁아졌기 때문에 HPBW(Half Power Beam Width)는 H-plane에서 118.7°로 E-plane의 66°보다 52.7° 넓게 나타났다.

2. $\lambda/2$ 폴디드 마이크로스트립 안테나



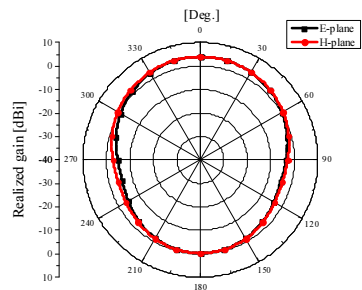
(Fig. 4) Reduced process of $\lambda/2$ folded microstrip antenna

<Fig. 4>에는 폭이 좁아진 $\lambda/2$ 폴디드 마이크로스트립 패치 안테나에서 방사소자의 길이를 줄이기 위해 섭동효과(perturbation effect)를 적용시켜 방사소자의 양쪽 개구를 폴디드 구조로 축소시키는 과정을 나타내었다. 방사소자 폭이 축소된 마이크로스트립 패치 안테나와 비교하기 위해 방사소자로부터 접지면까지의 간격을 폭을 동일하게 42 mm로 유지하였고 방사소자 폭도 50 mm로 유지하였으며, 이때 방사소자 길이는 321.75 mm 에서 136.47 mm로 57.6% 소형화 되었다. <Fig. 4(c)>에서 접지면과 폴디드 방사소자와의 간격 g_1 을 조정하여 임피던스 정합을 시켰다.



(Fig. 5) S_{11} (simulation)

<Fig. 5>에는 g_1 이 1.9 mm 일 때 설계된 $\lambda/2$ 폴디드 마이크로스트립 안테나의 시뮬레이션된 S_{11} 을 나타내었다. 시뮬레이션된 -10 dB 대역폭은 4.52 MHz(1.06%)를 얻었다.

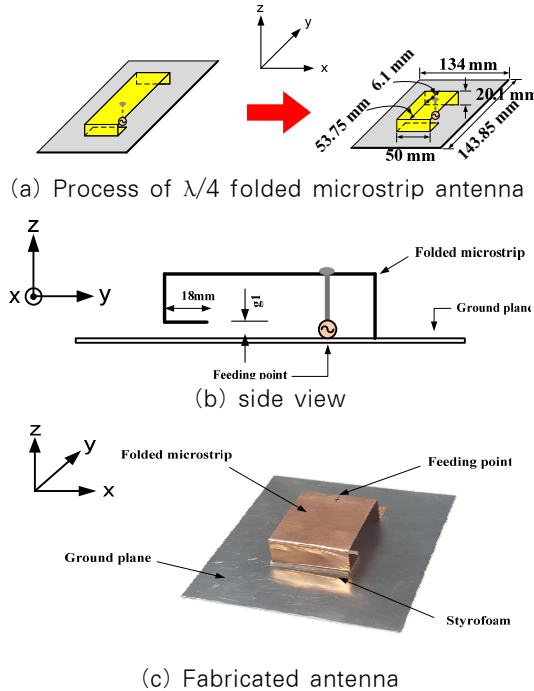


(Fig. 6) Radiation patterns(simulation)

<Fig. 6>에는 시뮬레이션된 방사 패턴을 나타내었으며 이득은 425 MHz에서 3.97 dBi, HPBW(Half Power Beam Width)는 E-plane, H-plane 에서 각각

99.7°, 114.2°를 나타내었다. 결과적으로 기본 $\lambda/2$ 마이크로스트립 안테나와 비교하여 방사소자의 면적이 93.6% 소형화 효과를 얻었다.

3. $\lambda/4$ 폴디드 마이크로스트립 안테나

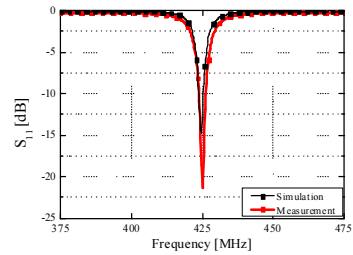


(a) Process of $\lambda/4$ folded microstrip antenna

(b) side view

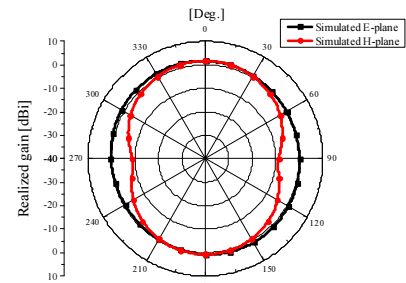
(c) Fabricated antenna

<Fig. 7>에는 $\lambda/4$ 폴디드 마이크로스트립 안테나 설계과정 및 제작된 안테나를 나타내었다. $\lambda/2$ 폴디드 마이크로스트립 안테나와 마찬가지로 방사소자의 길이를 줄이기 위해 폴디드 구조를 적용하였다. 안테나 방사소자 크기는 50 mm(0.07λ) × 59.85 mm(0.085λ) × 20.1 mm(0.028λ)로 방사소자 폭을 50 mm로 동일하게 유지하였으며 이때 방사소자 길이는 59.85 mm로 56.2% 축소하여 소형화 되었다. 접지면과 폴디드 방사소자와의 간격 $g_1=2.07$ mm에서 양호하게 임피던스 정합이 되었다. 제작된 안테나를 <Fig. 7(c)>에 나타내었으며, 134 mm × 143.85 mm의 알루미늄 접지면 위에 설계 되었다. 방사소자와 접지면 사이의 간격을 유지하기 위해 styrofoam($\epsilon_r = 1.06$)을 이용하여 제작하였다.

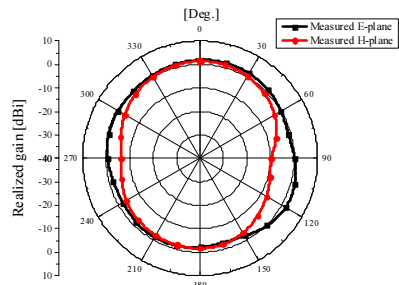


<Fig. 8> S_{11} of $\lambda/4$ folded microstrip antenna

<Fig. 8>에는 $\lambda/4$ 폴디드 마이크로스트립 안테나의 시뮬레이션 및 측정된 S_{11} 을 나타내었다. 시뮬레이션 -10 dB 대역폭은 1.63 MHz(0.38%)로 설계되었다. 측정된 안테나의 -10 dB 대역폭은 2.44 MHz(0.57%)을 나타내었다.



(a) Simulation

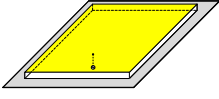
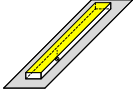




(b) Measurement

<Fig. 9> Radiation patterns

<Fig. 9>에는 $\lambda/4$ 폴디드 마이크로스트립 안테나의 중심주파수 425 MHz에서 시뮬레이션과 측정된 방사패턴을 나타내었다. 이득은 1.64 dBi이고 E-plane 방사패턴은 무지향성 패턴 특성을 얻었으며 H-plane 방사패턴은 HPBW(Half Power Beam Width)

<Table 1> Characteristic comparison

	Basic microstrip patch	Width reduced microstrip patch	$\lambda/2$ folded microstrip	$\lambda/4$ folded microstrip
Structure				
Size of radiating element[mm ³]	341.5 × 312.2 × 20 (0.48λ × 0.44λ × 0.028λ)	50 × 321.75 × 20 (0.07λ × 0.45λ × 0.028λ)	50 × 136.47 × 20 (0.07λ × 0.193λ × 0.028λ)	50 × 59.85 × 20.1 (0.07λ × 0.085λ × 0.028λ)
Size of ground plane[mm ²]	425.5 × 396.2 (0.6λ × 0.56λ)	134 × 405.75 (0.19λ × 0.57λ)	134 × 220.47 (0.19λ × 0.312λ)	134 × 143.85 (0.19λ × 0.2λ)
Reduction rate of radiating element[%]	-	85	93.6	97.2
Reduction rate of antenna[%]	-	67.8	82.5	88.5
Bandwidth[MHz]	11.97	4.92	4.52	1.55
Realized Gain[dBi]	8.76	6.76	3.96	1.64

가 95.9°로 나타났다. 기준 $\lambda/2$ 마이크로스트립 안테나와 비교하여 방사소자가 97.2% 소형화 되었다. 측정된 방사패턴의 경우 E-plane 15°에서 최대치 1.82 dBi로 측정되었으며, 시뮬레이션된 방사패턴 특성과 일치하였다.

끝으로 <Table 1>에는 앞서 설계된 안테나들과 기본 $\lambda/2$ 마이크로스트립 패치 안테나의 구조와 크기, 소형화율을 비교하여 나타내었다.

특성을 나타내었고 H-Plane의 경우 HPBW(Half Power Beam Width)가 95.9°를 나타내었다. 이득은 1.82 dBi를 얻었다.

따라서 설계된 안테나는 기본 마이크로스트립 패치 안테나와 비교해 97.2% 소형화되게 설계하였으며, 주차장관리시스템 레이돔 내부에 실장이 용이한 소형화된 안테나임을 확인하였다.

V. 결 론

본 논문에서는 425 MHz에서 스마트주차장 관리 시스템용 기지국 안테나로서 사용 가능한 소형 $\lambda/4$ 폴디드 마이크로스트립 안테나를 설계하였다. 기본 마이크로스트립 패치 안테나의 폭을 줄이고 개구면에 폴디드 구조를 적용하여 소형화 하였다. 최종적으로 $\lambda/4$ 폴디드 마이크로스트립 안테나를 설계하였다. 그 결과 제작된 $\lambda/4$ 폴디드 마이크로스트립 안테나의 측정된 -10 dB 대역폭은 1.63 MHz(0.38%)를 얻었고 방사패턴은 E-plane의 경우 무지향성 패

REFERENCES

- [1] Ripin N., Sulaiman A. A., Rashid N. E. A. and Hussin M. F.(2014), "Design and Analysis of Defected Ground Structure(DGS) in Normal Mode Helical Antenna," *IEEE Wireless Technology and Applications(ISWTA)*, pp.170-175.
- [2] Arand B. A., Shamsaee R. and Yaktakhah B. (2013), "Design and Fabrication of a Broadband Blade Monopole Antenna Operating in 30 MHz - 600 MHz Frequency Band," *Electrical Engineering (ICEE) Iranian Conference*, pp.1-3.

- [3] Ooi S., Koh B. and Grossman O.(2007), "Dual Band UHF-GPS Folded Monopole Antenna," *IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium*, pp.1237-1240.
- [4] Song M. H. and Woo J. M.(2003), "Miniaturisation of microstrip patch antenna using perturbation of radiating slot," *Electron. Lett.*, Vol. 39, No. 5, pp.417-419.
- [5] Heo H. M., Jang Y. J. and Woo J. M.(2005), "Miniaturization of Microstrip Antenna Using the Folded Structure," *Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science*, Vol. 16, No. 5, pp.526-533.
- [6] Roh W. L. and Woo J. M.(2007), "Miniaturization of microstrip antenna using folded structure with attaching plates for satellite communication terminal," *IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium*, pp.4709-4712.
- [7] Kim Y. R. and Woo J. M.(2012), "Electrically tunable small microstrip antenna using interdigital plate loading for telemetry sensor applications," *Electron. Lett.*, Vol. 48, No. 8, pp.422-423.

저자소개



금 재 민 (Keum, Jae-Min)

2015년 3월 ~ 현 재 : 충남대학교 전자전파정보통신공학과 석사과정

2008년 3월 ~ 2015년 2월 : 충남대학교 전파공학과 (공학사)

e-mail : kjm900108@cnu.ac.kr

연락처 : 042) 821-7712



고 동 옥 (Ko, Dong-Ok)

2015년 3월 ~ 현 재 : 충남대학교 전자전파정보통신공학과 석사과정

2008년 3월 ~ 2015년 2월 : 충남대학교 전파공학과 (공학사)

e-mail : kdo7345@cnu.ac.kr

연락처 : 042) 821-7712



정 재 엽 (Jeong, Jae-Yeop)

2015년 3월 ~ 현 재 : 충남대학교 전자전파정보통신공학과 석사과정

2009년 3월 ~ 2015년 2월 : 충남대학교 전파공학과 (공학사)

e-mail : jjy1217@cnu.ac.kr

연락처 : 042) 821-7712



우 중 명 (Woo, Jong-Myung)

1996년 6월 ~ 현 재 : 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

연락처 : 042) 821-7712