

<https://doi.org/10.7236/JIIBC.2024.24.1.103>
JIIBC 2024-1-16

직사각형 슬롯을 갖는 C-ITS용 패치 안테나에 대한 연구

A Study on Patch Antenna for C-ITS with Rectangle Slot

강상원*, 장대순*

Sang-Won Kang*, Tae-Soon Chang*

요약 본 논문은 직사각형 슬롯과 스트립 도체를 이용한 삼각 패치 안테나에 대한 연구이다. 직사각형 슬롯을 갖는 삼각 패치 안테나 특성을 확인하기 위해 슬롯 길이와 간격을 조정하였고, 복사 패치의 형태를 삼각형, 직사각형, 육각형으로 변화시켜 임피던스 매칭을 하였다. 안테나 파라미터 특성으로 확인하기 위해 HFSS 시뮬레이터를 이용하였다. 제안한 안테나 크기는 26 mm × 26 mm이다. 제안한 안테나에서 시뮬레이션을 통해 얻게 된 VSWR 2이하인 주파수 대역은 5.27 ~ 6.24 GHz이며, 주파수 대역폭은 970 MHz이다. 실제로 제작한 안테나의 주파수 대역은 5.24 ~ 6.38 GHz이고, 주파수 대역폭은 1140 MHz이다. 복사패턴을 확인한 주파수는 5.855 GHz, 5.890 GHz, 5.925 GHz이다. 최대 이득은 5.01 dBi이다. 모든 복사패턴에서 지향성 특징을 갖는 것을 확인할 수 있었다.

Abstract This paper is a study on a triangle patch antenna using a rectangle slot and strip conductor. The length and spacing of the slot were adjusted to confirm the characteristics of the triangle patch antenna with rectangle slot, and the area and shape of the radiation patch were changed to triangle, rectangle, and hexagon for impedance matching. The HFSS simulator was used to check the antenna parameter characteristics, and the antenna size was 26 mm × 26 mm. In this proposed antenna, the simulation frequency range with VSWR of 2 or less was 5.27 to 6.24 GHz. The bandwidth was 970 MHz. The frequency range of the fabricated antenna was 5.24 to 6.38 GHz, and the bandwidth 1140 MHz. The maximum radiation gain is 5.01 dBi. It was confirmed that all radiation patterns had directional characteristics.

Key Words : Slot, Triangular, Patch Antenna, Rectangular, Hexagon

1. 서 론

차세대지능형교통체계(이하 C-ITS)는 차량과 차량, 차량과 도로 간 통신을 통해 위험정보를 공유, 대응할 수

있는 통신 인프라이다. C-ITS 통신 대역은 5.855 ~ 5.925 GHz이다. C-ITS과 더불어 다양한 개인형 이동장치(PM)들이 개발되면서 안전을 위한 통신시스템의 중요성이 대두되고 있다. 본 연구에서는 C-ITS 통신시스템에

*정회원, 서울대학교 정보통신공학과
접수일자 2023년 11월 20일, 수정완료 2024년 1월 20일
게재확정일자 2024년 2월 9일

Received: 20 November, 2023 / Revised: 20 January, 2024 /
Accepted: 9 February, 2024

**Corresponding Author: jds6205@hanmail.net

Dept. of Information and Communication Eng., Seoul University,
Seoul, Korea

서 필수적인 안테나를 개발하기 위해서 직사각형 슬롯과 삼각형 패치 구조를 이용했다. 슬롯 피드(feed)는 광대역 특성과 임피던스 매칭에 효과적인 장점을 갖고 있어 삼각형 패치 안테나에 이를 적용하였다^{[1]~[6]}. 기본 안테나 구조는 마이크로스트립 패치 형태로 아랫면에는 접지면과 슬롯 피드가 있고, 가운데 유전체가 있으며, 윗면에는 복사 패치가 있다. 마이크로스트립 패치구조를 사용한 이유는 지향성 특성을 얻기 위한 것이다.^[1] 안테나의 임피던스 매칭과 광대역 특성을 위해 첫 번째로, 직사각형 슬롯 길이와 간격, 스트립 도체 길이를 조절을 하였다. 두 번째로, 복사기 형태를 삼각형, 직사각형, 육각형으로 변화시켜 비교, 분석하였다. 제안한 안테나 검증에 위해 상용 시뮬레이터인 HFSS를 이용했다. Agilent사의 E8364B PNA Network Analyzer를 이용하여 반사손실을 측정하였다. Far Filed Gain Pattern 측정은 시뮬레이션 분석으로 검증하였다.

II. 안테나 디자인과 설계

직사각형 슬롯을 갖는 삼각패치 안테나는 광대역 특성과 임피던스 매칭에 용이한 구조이다. 안테나 기판은 유전상수가 4.4이고, 손실 탄젠트가 0.02, 두께는 1.6 mm이다. 접지면의 정사각형으로 크기는 (W)26 mm × (L)26 mm이다. 그림 1은 제안한 안테나의 구조를 나타내었다.

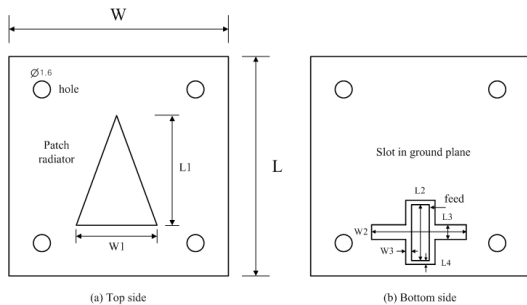


그림 1. 안테나 구조
Fig. 1. Antenna Structure

삼각패치의 면적을 81 mm²로 정하고, 슬롯의 가로 길이(W2)는 주파수 5.8 GHz 기준으로 14 mm로 설정하였다. 안테나 구조에서 Bottom 면에는 직사각형 슬롯과 매칭을 위한 스트립 도체와 접지면이 있고, Top 면에는 복사기인 삼각패치가 있다. 4개의 홀은 고정홀로 사

용되어진다. 안테나 기판은 FR4로 하였고 기판 높이는 1.6 mm이다. 광대역 특성과 임피던스 매칭을 위해 삼각패치와 슬롯의 위치가 매우 중요한 변수가 된다. 삼각패치는 W2 슬롯 길이 방향의 위쪽 라인에 맞게 위치해야 광대역 특성과 좋은 임피던스 매칭을 얻을 수 있다. 그림 2에서는 복사기 패치의 다양한 형태를 확인할 수 있다. 슬롯 피드를 고정시키고, 복사기 모양을 변화시킨 것이다. 패치의 형태는 삼각형, 직사각형, 육각형으로 변화를 주었다. 패치의 모양은 변화되지만 면적은 동일하게 유지되도록 했다. 적용되는 주파수는 5.8 GHz이다.

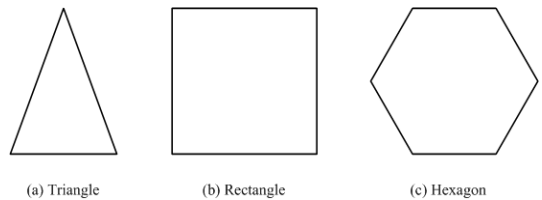


그림 2. 복사기 패치 (삼각형, 직사각형, 육각형)
Fig. 2. Radiator Patch (Triangle, Rectangle, Hexagon)

직사각형 슬롯을 갖는 삼각형 패치 안테나의 치수를 표 1에 나타내었다.

표 1. 제안한 안테나의 치수
Table 1. The dimension of proposed antenna. Unit : [mm]

L	$L1$	$L2$	$L3$	$L4$
26	12.5	7.5	1.5	0.3
W	$W1$	$W2$	$W3$	ϕ
26	12.5	14	0.6	1.6

III. 안테나 파라미터 분석

직사각형 슬롯을 갖는 삼각 패치 안테나의 파라미터 분석 요소는 삼각패치의 길이(L1), 복사 패치 모양, 슬롯 길이(W2), 스트립 도체 길이(L2)이다. 이들 파라미터에 변화를 주어 임피던스 매칭을 시도하였다.

1. 삼각 패치 길이(L1) 변화에 따른 반사손실

삼각패치 W1 길이를 12.5 mm로 고정시키고, L1의 길이를 12.5 ~ 13.5 mm 까지 0.5 mm 간격으로 증가시킨 결과를 그림 3에 나타내었다.

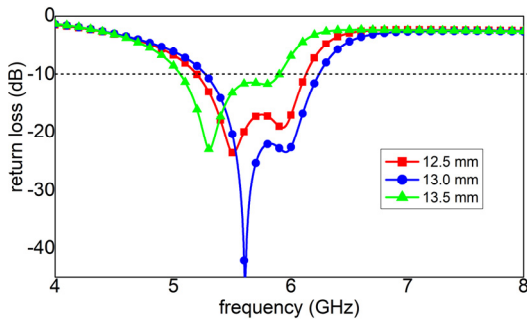


그림 3. 삼각 패치 길이 변화에 따른 반사손실
 Fig. 3. Return loss according to triangle patch length (L1) change

L1을 증가시킨 결과 공진주파수가 5.60 GHz에서 5.30 GHz로 하향되어 300 MHz만큼 이동했다. 주파수 대역폭은 12.5 mm 일 때 970 MHz이고, 13.5 mm 일 때 850 MHz로 120 MHz 감소되었다. L1의 길이 변화로 공진주파수는 하향되어 이동했고 대역폭은 감소되는 것을 알 수 있다.

2. 슬롯 길이(W2) 변화에 따른 반사손실

슬롯 길이 W2를 12 ~ 16 mm까지 길이를 증가시킨 결과를 그림 4에 나타내었다. 슬롯의 세로 길이는 1.5 mm로 고정시켰다. 슬롯 길이가 12 mm, 15 mm, 16 mm 일 때 공진주파수가 5.92 GHz로 형성되고, 하한 주파수가 5.10 GHz부터 5.44 GHz까지 340 MHz만큼 변화되는 것을 알 수 있다.

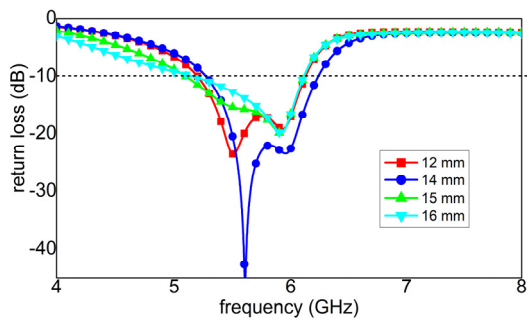


그림 4. 슬롯 길이(W2) 변화에 따른 반사손실
 Fig. 4. Return loss according to slot length (W2) change

임피던스 매칭은 슬롯 길이가 14 mm 일 때 가장 안정적으로 이루어졌다. 주파수 대역은 5.27 ~ 6.24 GHz 이고, 주파수 대역폭은 970 MHz이다. W2 길이변화는 대역폭과 하한 주파수의 반사손실에 영향을 주는 것을 알 수 있다.

3. 스트립 도체 길이(L2) 변화에 따른 반사손실

스트립 도체 길이 L2를 7.5 ~ 6.5 mm까지 0.5 mm 간격으로 줄인 결과를 그림 5에 나타냈다. 스트립 도체 가로 길이는 3 mm로 고정하였다. L2 길이가 7.5 mm 일 때, L4 간격은 0.3 mm이다. L2 길이가 줄어들면 공진주파수 이동보다는 반사손실 감소로 인해 주파수 대역폭이 약 150 MHz 감소되는 것을 확인할 수 있다.

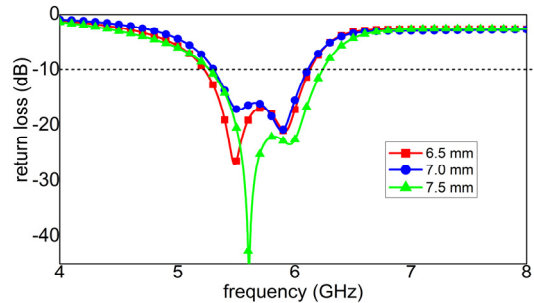


그림 5. 스트립 도체 길이(L2) 변화에 따른 반사손실
 Fig. 5. Return loss according to strip conductor length (L2) change

4. 복사 패치 모양에 따른 반사손실

복사 패치 모양에 따른 결과는 그림 6에 나타내었다. 패치 모양은 삼각형, 직사각형, 육각형으로 변화를 주었다. 패치 모양은 그림 2에서 확인할 수 있다.

각 패치의 공진주파수를 5.8 GHz로 설정하고, 패치의 면적은 모양에 상관없이 약 81 mm² 가 되도록 했다. 그 결과 5.8 GHz 부분대역에서 VSWR 2 이하 기준을 만족하는 결과를 얻을 수 있었다. 직사각형 패치 적용 결과 주파수 대역은 5.70 ~ 6.51 GHz, 주파수 대역폭은 810 MHz, 공진주파수는 6.08 GHz이다. 육각형 패치 적용 결과 주파수 대역은 5.33 ~ 6.22 GHz, 주파수 대역폭은 890 MHz, 공진주파수는 5.72 GHz 결과를 얻을 수 있다.

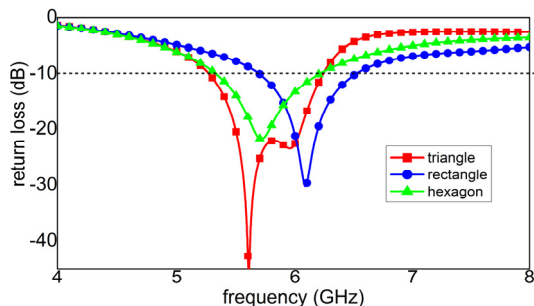


그림 6. 복사 패치 모양에 따른 반사손실
 Fig. 6. Return loss according to the shape of the radiator patch

IV. 안테나 제작 및 측정

최적화된 파라미터를 얻은 결과 W1과 L1의 길이는 12.5 mm, W2 길이는 14 mm, L2 길이는 7.5 mm로 결정되었다. 안테나 기판은 유전상수가 4.7인 FR4이며 기판 높이는 1.6 mm이다. 복사기와 접지면 재질은 1 온스 동(copper)을 사용하여 제작하였다. 안테나 급전은 SMA 동축케이블을 이용하였고, 그림 7은 Pads로 설계된 PCB 제작 데이터와 실제 제작 안테나 사진을 보여준다.

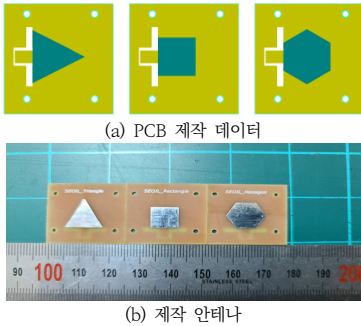


그림 7. 제작된 안테나 사진
Fig. 7. Photograph of fabricated antenna

시뮬레이션을 통해 반사손실을 얻은 결과 주파수 대역은 5.27 ~ 6.24 GHz이고, 주파수 대역폭은 970 MHz이다. 공진주파수는 5.60 GHz로 매칭이 이루어졌다. 측정된 반사손실의 경우 주파수 대역은 5.24 ~ 6.38 GHz이고, 주파수 대역폭은 1140 MHz이다. 공진주파수는 5.60 GHz이다. 시뮬레이션 결과와 측정된 반사손실 값을 비교해 볼 때 전 대역에서 반사손실 특성이 매우 유사한 것을 확인할 수 있다.

그림 8은 시뮬레이션 반사손실 결과와 측정된 반사손실 결과를 비교하여 나타내었다.

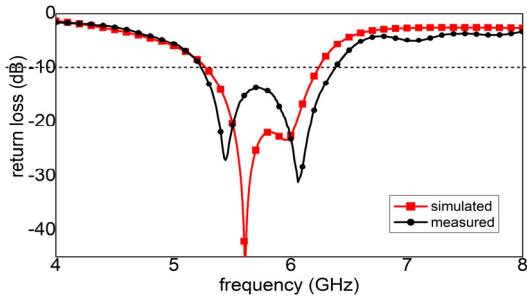
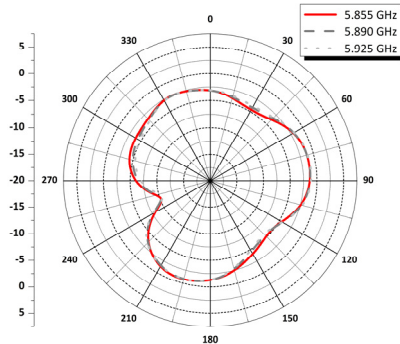


그림 8. 시뮬레이션 결과와 측정 결과 비교
Fig. 8. Comparing with simulation and measurement results

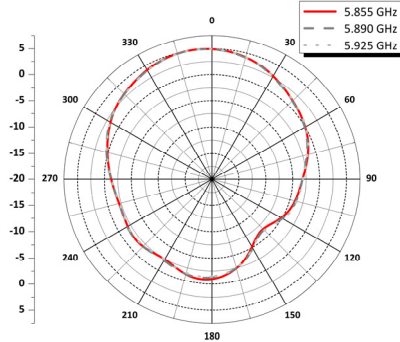
표 2. 시뮬레이션된 이득 비교

Table 2. Comparing with simulated gain results

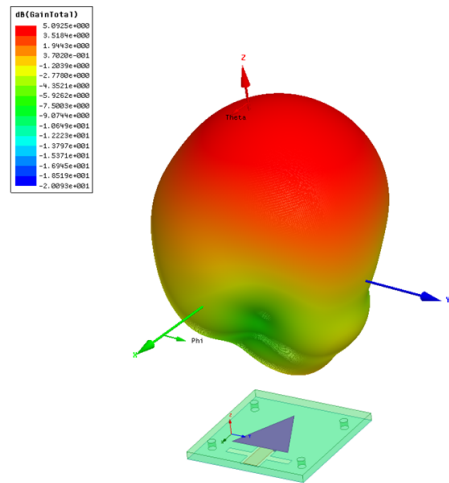
XY-plane [dBi]	5.855GHz	-0.78
	5.890GHz	-0.84
	5.925GHz	-0.85
YZ-plane [dBi]	5.855GHz	5.01
	5.890GHz	4.98
	5.925GHz	4.99



(a) XY-plane



(b) YZ-plane



(c) 3D pattern

그림 9. 시뮬레이션된 이득 복사패턴
Fig. 9. Simulated gain radiation pattern

안테나의 복사패턴은 시뮬레이션 결과로 비교 분석하여 그림 9에 나타내었다. 복사패턴은 XY-plane과 YZ-plane으로 나타내었고, 측정 주파수는 5.855 GHz, 5.890 GHz, 5.925 GHz이다. 표 2에 각각의 주파수 별 이득 (gain)을 나타내었다. 최대 이득은 5.01 dBi이고, 최소 이득은 -0.85 dBi임을 알 수 있다. 각각의 복사패턴을 살펴볼 때 지향성 특성을 확인할 수 있다. 그림 9(c)에서는 이득의 3D 패턴을 확인할 수 있다.

V. 결 론

본 연구는 C-ITS용 패치 안테나에 관한 것으로 직사각형 슬롯과 삼각형 패치 구조를 이용한 것이다. 광대역 특성과 효과적인 임피던스 매칭을 위해서 슬롯 피드 구조를 활용했다. 목표로 하는 공진주파수는 5.8 GHz이며, 삼각패치의 면적으로 81 mm²로, 슬롯의 가로 길이는 14 mm로 설정했다. Bottom 면에 직사각형 슬롯과 스트립 도체, 접지면이 위치해 있다.

안테나의 파라미터 분석을 위해서 삼각패치의 길이, 복사 패치 모양, 슬롯 길이, 스트립 도체 길이를 기본적인 요소로 정했다. 복사 패치 모양을 직사각형, 육각형, 삼각 패치 등 3가지 형태로 변화를 주었고 각 형태에서 모두 원하는 주파수에서 결과를 얻었다. 안테나 기판의 유전상수는 4.4이고, 두께는 1.6 mm이며 접지면의 크기는 26 mm × 26 mm이다. 최적화된 파라미터를 적용한 결과 시뮬레이션에서는 -10 dB 주파수 대역은 5.27 ~ 6.24 GHz이고, 주파수 대역폭은 970 MHz이다. 측정된 -10 dB 주파수 대역은 5.24 ~ 6.38 GHz이고, 주파수 대역폭은 1140 MHz이다. 복사패턴은 YZ-plane에서 볼 때 지향성 특성을 확인할 수 있었고, 최대 이득은 5.01 dBi이고, 최소 이득은 -0.85 dBi임을 확인했다. 따라서, 본 연구를 통해 직사각형 슬롯과 스트립 도체를 이용한 삼각 패치 안테나가 C-ITS용 통신시스템에서 활용할 수 있음을 확인했다.

References

[1] Sang-Won Kang, "Implementation of Small Active Antenna for GPS / GLONASS Receiving", The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication (IIBC), Vol. 15, No. 2, pp. 175-180, Apr. 2015. <https://dx.doi.org/10.7236/IIBC.2015.15.2.175>

[2] Jae-Yeon Kim, Tae-Soon Chang and Jung Hur, "A Study on Bandwidth Broadening of U-slot Microstrip Patch", The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication (IIBC), Vol. 21, No. 5, pp. 33-39, Oct. 2021. <https://doi.org/10.7236/IIBC.2021.21.5.33>

[3] S. Chakrabarti and A. Chakraborty, "A dual band shorted triangular patch antenna for vehicular application", Int J RF Microw Comput Aided Eng, Vol. 31, No 10, pp. 1-10, July 2021. <https://doi.org/10.1002/mmce.22801>

[4] S. T. Fan, Y. Z. Yin, B. Lee, W. Hu and X. Yang, "Bandwidth Enhancement of a Printed Slot Antenna With a Pair of Parasitic Patches", IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, Vol. 11, pp. 1230-1233, Oct. 2012. <https://doi.org/10.1109/LAWP.2012.2224311>

[5] Jia, Y., Liu, Y. and Gong, S., "Slot-coupled broadband patch antenna", Electron. Lett., Vol. 51, No. 6, pp. 445-447, Mar. 2015. <https://doi.org/10.1049/el.2014.3905>

[6] Min-Cheol Hong, Ju-Heun Lee, Jeong-Taek Oh, and Won-Sang Yoon, "Design of a Circularly Polarized Aperture Coupled Microstrip Patch Antenna with an Asymmetric Aperture", Journal of the Korean Institute of Information Technology, Vol. 16, No. 6, pp. 25-30, Jun. 2018. <https://doi.org/10.14801/jkiit.2018.16.6.25>

저 자 소 개

강 상 원(정회원)



- 1999년 2월 : 세명대학교 전자공학과 (공학사)
- 2003년 8월 : 건국대학교 전자공학과 (공학석사)
- 2013년 8월 : 건국대학교 전자공학과 (공학박사)
- 2006년 7월 ~ 2017년 12월 : (주) 페스엔유 연구소장
- 2020년 4월 ~ 현재 : 서일대학교 정보통신공학과 조교수
- 주 관심분야 : 안테나 설계, IoT 시스템, 스마트 팩토리

장 대 순(정회원)



- 2001년 2월 : 건국대학교 전자공학과 (공학사)
- 2003년 2월 : 건국대학교 전자공학과 (공학석사)
- 2009년 2월 : 건국대학교 전자공학과 (공학박사)
- 2009년 2월 ~ 2011년 11월 : (주) 유니스트림 근무
- 2012년 3월 ~ 현재 : 서일대학교 정보통신공학과 조교수
- 주 관심분야 : 안테나 설계, UWB system, 무선전력전송 등