

C-ITS 차량 내부용 지향성 안테나를 이용한 통신성능 구현 및 검증

변 중 헌*, 조 용 천°, 이 학 용*, 배 병 우**

Implementation and Verification of Communication Performance Using Vehicle Inner Directional Antenna for C-ITS

Jong-Hun Byun*, Yong-Chun Jo°, Hak-Yong Lee*, Byeong-Woo Bae**

요 약

본 논문은 교통안전에 혁신적인 변화를 이끌 C-ITS(Cooperative Intelligent Transport Systems)에 적용 가능한 차량 내부용 지향성 안테나를 제작, WAVE 통신성능 구현 및 검증을 하였다. C-ITS의 핵심인 V2X 통신을 위해서는 차량용 안테나가 필수적인 요소이며, C-ITS 활성화를 위해서는 V2X 통신영역 충족과 이용자 측면을 고려한 차량 안테나 설치의 편리성을 확보해야한다. 차량용 안테나는 일반적으로 차량 루프에 설치하는 샤크 안테나 타입의 외부용 안테나를 고려할 수 있다. 차량 외부용 안테나의 경우 안테나 특성을 확보하기에 최적의 위치이지만 차량 외부용 안테나가 기존에 존재하는 경우 추가적인 설치 또는 차량 개조가 필요할 수 있으며 안테나 고정방법, 케이블 배선 등과 같은 설치에 어려움이 있다. 이에 본 논문에서는 C-ITS 활성화를 위해 차량 외부용 안테나와 동등한 수준의 성능 확보가 가능한 차량 내부용 지향성 안테나를 제안한다. 차량 내부의 열악한 환경적인 특성 및 페이딩, 설치의 편리성을 확보하기 위해 고이득 평면형 안테나인 원형편파 마이크로스트립 패치 배열안테나를 선정하여 제작 및 튜닝과정을 통해 안테나 성능을 확보하였다. 제작된 안테나는 중심주파수 5890MHz 기준으로 임피던스 대역폭은 110MHz(VSWR < 1.5)로 WAVE 통신대역(5.855~5.925GHz)에서 양호한 임피던스 대역폭을 가진 안테나를 설계하였으며 중심주파수에서 yz 면에서의 반전력빔폭은 20°, zx 면에서의 반전력빔폭은 73°의 안테나의 성능을 확인하였다. 제안한 안테나의 성능검증을 위해서 실제차량에 적용하여 차량 대 차량(V2V) 통신영역 측정 및 차량 대 인프라(V2I) 실증서비스 측정을 통해 차량 내부용 안테나 성능검증을 수행하였으며 성능검증 결과 C-ITS 적용에 만족함을 확인하였다.

Key Words : C-ITS, WAVE, CP Patch Array Antenna, Vehicular Inner antenna

ABSTRACT

This paper proposed implement and validate Vehicle Inner directional antenna that can be applied to C-ITS (Cooperative Intelligence Transport Systems) that will lead to innovative changes in traffic safety.

In order to activate C-ITS, convenience and ease of installing antenna considering V2X communication area and user side should be secured. Car antennas can generally consider external antennas of the Shark antenna type installed in the vehicle top loop. In the case of an antenna for external use of a vehicle, it is an optimal

* 본 논문은 2015년도 광주대학교 교내학술연구비 지원에 의하여 수행되었습니다.

• First Author : (ORCID:0000-0002-1064-6767)Daebo Communication & Systems R&D Center, jhbyun9586@dbcs.co.kr, 정희원

° Corresponding Author : (ORCID:0000-0003-1080-4216)Kwangwoon University Industry-Academic CollaborationFoundation, cyc@kw.ac.kr, 정희원

* (ORCID:0000-0002-3434-8115)Sonovision Co. Ltd, hylecantenna@hanmail.net

** (ORCID:0000-0003-3740-1337)Daebo Communication & Systems R&D Center, bwbae@dbcs.co.kr

논문번호 : KICS2017-11-372, Received November 30, 2017; Revised February 1, 2018; Accepted February 12, 2018

position to secure antenna characteristics, but if there is an antenna for other purposes of the vehicle, additional installation and vehicle modification are necessary and cable wiring is difficult. This paper proposed in order to activate C-ITS, Vehicle Inner directional antenna that can achieve the same level of performance as an external antenna for a vehicle. In order to secure the poor environmental characteristics, fading, and installation convenience in the interior of the vehicle, a circularly polarized microstrip patch array antenna, which is a typical high gain flat antenna, was selected and secured through antenna fabrication and tuning. The proposed antenna has a central frequency of 5890MHz and an impedance bandwidth of 110MHz(VSWR<1.5). In the WAVE communication band(5.855 ~ 5.925GHz), The half power beam width(HPBW) satisfies 20°(yz-plane) and 73°(zx-plane) at center frequency. In order to verify the performance of the proposed antenna, the performance of the interior antenna was verified by measuring the Vehicle-to-Vehicle(V2V) communication area and measuring the Vehicle-to-Infrastructure(V2I) demonstration service. Performance verification confirmed satisfaction with C-ITS application.

I. 서 론

최근 전 세계적으로 교통관리 위주의 기존 지능형 교통시스템(ITS, Intelligent Transport Systems)의 한계를 극복하는 차별화된 새로운 개념의 실시간 교통안전 위주의 차세대 지능형교통시스템(C-ITS: Cooperative Intelligent Transport Systems) 프로젝트를 진행하고 있으며 상용화개발에 박차를 가하고 있다. 교통안전에 혁신적인 변화를 위한 C-ITS는 WAVE(Wireless Access in Vehicular Environments) 통신기술이 핵심적인 역할을 한다. WAVE 통신은 Institute of Electrical and Electronics Engineers(IEEE) 802.11p와 IEEE 1609.x 규격으로 구성되며, 차량이 고속으로 이동하는 전파 환경에서 정보를 송수신할 수 있는 무선 통신기술이다. WAVE 통신은 차량과 인프라간 통신(V2I, I2V) 및 차량과 차량 간 직접 통신(V2V)을 통해 연속적인 실시간 교통안전서비스를 제공한다¹⁾. WAVE 통신은 세계 각국에서 V2V와 V2I 통신을 위한 여러 프로젝트가 진행 중이다. 미국은 정부주도로 2004년부터 VII 프로젝트, Intelli-Drive 프로젝트, Connected Vehicle 프로젝트를 추진하고 있으며 Wave 통신 기술을 개발하고 테스트 베드를 적용하여 서비스 모델을 시험하고 있다. 유럽에서도 C2X(Car to X) 테스트 베드를 7개 국가에서 구축하여 연구 및 개발을 추진하고 있다^{2,3)}. 국내에서도 “2030년 교통사고 사망자 수 Zero 化”를 목표로 차세대 ITS 도입을 중장기적으로 추진 중이다. 2008~2014년까지 스마트하이웨이 사업을 통해 WAVE 기반기술 연구개발 및 소규모로 서비스 가능성 확인을 위한 시험도로 테스트가 진행되었다. 2015년부터 현재까지 대전 및 세종지역 대상으로 총

87.8km 구간에 걸쳐 차세대 ITS 서비스, 통신, 요소 기술에 대한 개발 및 검증을 목적으로 하는 대규모적인 차세대 ITS 시범사업을 성공적으로 마무리하였으며 추가 개발 작업을 진행 중이다. C-ITS 활성화를 위해 미국, 유럽 등 주요 선진국과 동일한 대역(5.855~5.925GHz)의 주파수를 확보하였으며 세계시장 진출 도모 및 C-ITS 표준, 인증의 국제 규격화도 추진할 방침이다. 향후 계획으로는 C-ITS 실증사업을 통해서 고속도로, 지자체에 C-ITS 를 확대하고 차량, 인프라, 보행자간 상호 연계 및 차량제어 실현인 차세대 ITS 실용화 및 상용화 단계로 추진될 계획이다. WAVE 통신은 고속으로 이동하는 차량으로부터 차량 대 차량간(V2V) 및 차량 대 인프라간(V2I) 통신을 실현시키기 위하여 주행속도 200km/h에서 최대 27Mbps 데이터 전송 속도, 전파 통달거리는 최대 1km, 100msec 이내의 짧은 패킷 Latency, 짧은 무선 링크 접속과 PER(Packet Error Rate) 10%미만의 통신 성능을 목표로 하고 있다^{4,5)}.

교통사고 예방을 위한 안전서비스를 확대를 위해서는 WAVE 차량단말기 보급이 가장 중요한 요소이며 이를 위해서는 After Market 확대가 선행되어야 한다. After Market의 확대를 위해서는 이용자측면을 고려한 시스템 설치의 만족과 편리성이 확보되어야 한다. 특히 차량용 안테나의 경우 차량루프에 설치하는 사크 안테나 타입의 외부용 안테나를 고려할 수 있지만 기존 차량에 외부 안테나가 존재하는 경우 추가적인 설치 또는 차량 개조가 필요할 수 있으며 안테나 고정 방법, 케이블 배선 등과 같은 설치가 어려움이 있다.

이에 본 논문에서는 C-ITS 활성화를 위해 차량 외부용 안테나와 동등한 수준의 성능 확보가 가능한 차량 내부용 지향성 안테나를 제안한다. 차량 내부에 안

테나를 설치해서 성능을 확보하기 위해서는 다음과 같은 사항을 고려하여 설계하여야한다. 차량 내부의 열악한 환경적인 특성 및 케이블 손실을 보상해야하며 페이딩현상을 저감하기 위한 방법이 필요하다^{16,7)}. 추가적으로 설치의 만족 및 편리성을 확보해야한다. 이런 특성을 고려해서 본 논문에서는 원형편파 마이크로스트립 패치 배열안테나를 선정하였으며 제작 및 튜닝과정을 통해 안테나 성능을 확보하였다. 추가적으로 이용자 만족도 향상을 위해 적합한 케이스를 제작하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II. 본론의 2.1은 제안한 안테나의 단일패치 안테나, 전력분배기, 원형편파 마이크로스트립 패치안테나의 설계 및 측정결과를 소개하고 2.2에서는 차량 내부용 원형 편파 마이크로스트립 패치안테나의 제작, 설치구조, 디자인을 설명하였다. III. 성능시험에서는 제안한 안테나의 성능 측정방법과 분석방법, 측정결과를 통해 제안한 안테나의 적합성을 보이며, 마지막으로 결론을 맺는다.

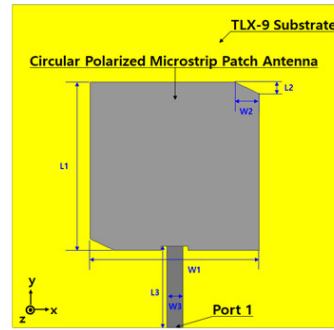
II. 본 론

2.1 원형편파 마이크로스트립 패치 배열 안테나 설계

차량 내부용 원형편파 마이크로스트립 패치 배열 안테나 설계는 동작주파수 5.855~5.925GHz, VSWR (Voltage Standing Wave Ratio) 1.5:1, 축비 3dB 이하의 단일 원형편파 마이크로스트립 패치 안테나 설계 후 1×4 배열 안테나를 위한 전력분배기 설계, 마지막으로 통합안테나 구조로 설계하였다.

2.1.1 원형편파 마이크로스트립 패치안테나 설계

그림 1은 제안한 우회전 원형편파(RHCP : Right-Hand Circular Polarization) 마이크로스트립 패치 안테나를 나타내었다. 제안한 안테나는 페이딩 현상을 극복하기 위하여 원형 편파 특성을 가지도록 설계되었다⁸⁾. 안테나 설계는 기본이론인 식 (1), (2)를 근거로 제작하였으며 반복적인 튜닝과정을 통해 최적의 값을 도출하였다. 안테나 유전체는 손실을 고려하여 손실 탄젠트가 낮은 Taconic사의 TLX-9 기판 ($\epsilon_r=2.5$, $\tan \delta=0.0019@10\text{GHz}$, 두께=0.5mm) 위에 설계하였다. 그림 2(a)는 튜닝을 통한 안테나의 반사 손실 측정결과를 나타내었다. 기본이론을 근거로 제작하였을 때 정합 특성이 만족 못함을 확인할 수 있으며 패치 크기(L1,W1,L2,W2)조정으로 튜닝하였다. 튜닝결과 회색 음영 부분이 WAVE 통신 주파수 대역으로써,



Parameter	Value(mm)	Parameter	Value(mm)
L1	15.6	W1	15.6
L2	1	W2	2.2
L3	7.5	W3	1.5

그림 1. 제안한 원형편파 마이크로스트립 단일패치안테나구조
Fig. 1. Structure of the proposed circular polarized microstrip single patch antenna

VSWR 1.5:1 이하의 정합 특성을 만족한다. 그림 2(b)는 안테나 축비(Axial Ratio) 측정결과를 나타내었다. WAVE 통신 대역(회색 음영)에서 3dB 이하의 값을 만족하며, 원형 편파의 특성을 만족함을 확인할 수 있다. 그림 3은 중심주파수에서 측정된 2D E-plane 방사 패턴을 보여준다. 안테나의 최대 이득 방향은 Z축과 동일하며, 최대 이득은 6.6dBic로 양호한 성능을 확인할 수 있다.

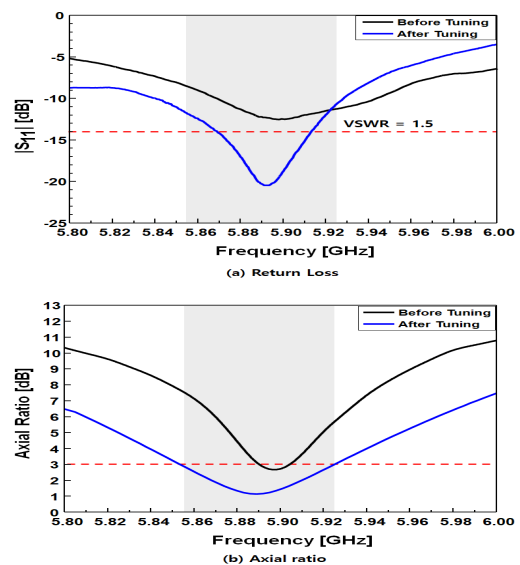


그림 2. 원형편파 마이크로스트립 패치안테나 반사손실 및 축비 측정결과
Fig. 2. Circular polarized microstrip patch antenna (return loss and axial ratio)

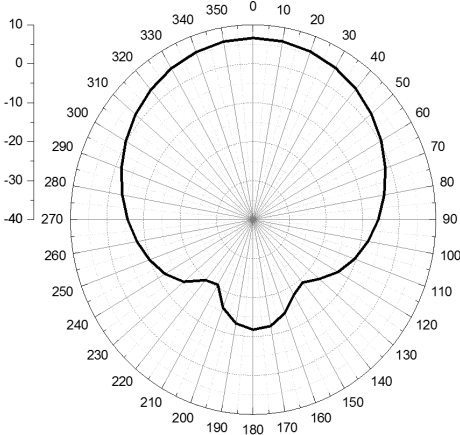


그림 3. 원형편파 마이크로스트립 패치안테나 2D 방사패턴 (E-plane)
Fig. 3. 2D radiation patten of the circular polarized microstrip patch antenna

$$L = \frac{1}{2f_r \sqrt{\epsilon_{reff}} \sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} - 2\Delta L, \quad (1)$$

$$\frac{\Delta L}{h} = 0.412 \frac{(\epsilon_{reff} + 0.3) \left(\frac{W}{h} + 0.264\right)}{(\epsilon_{reff} - 0.258) \left(\frac{W}{h} + 0.8\right)}$$

$$w = \frac{v_0}{2f_r} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}}, \quad (2)$$

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[1 + 12 \frac{h}{W} \right]^{-1/2}$$

2.1.2 전력 분배기 설계

그림 4는 제안한 전력 분배기의 구조를 나타내었다. 전력 분배기는 안테나와 동일한 Taconic사의 TLX-9 기판 ($\epsilon_r=2.5$, $\tan \delta=0.0019@10\text{GHz}$, 두께=0.5mm) 위에 설계된다.

그림 5는 전력 분배기로부터 분배된 전력의 크기와 분배된 전력의 위상을 보여준다. 그림 5(a)에서와 같이 전력 분배기의 port 1로부터 전력이 급전 되었을 때, port 3과 4 대비 port 2와 5의 전력이 6dB 낮은 것을 확인할 수 있으며, 이에 따른 분배된 전력의 크기는 port 2와 3, 4, 5에 대하여 각각 0.1 : 0.4 : 0.4

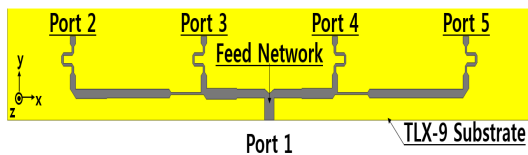


그림 4. 전력분배기 구조
Fig. 4. Structure of the power divider

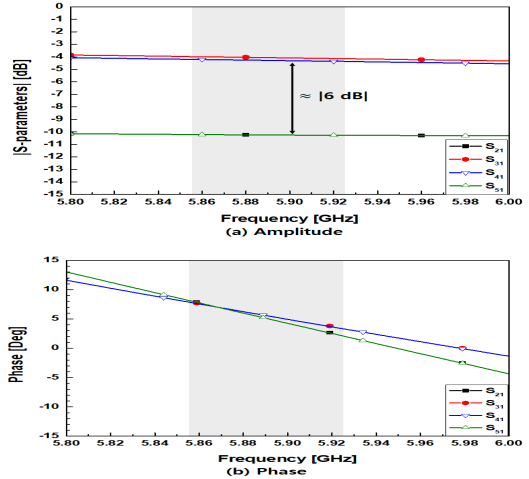


그림 5. 전력분배기 출력포트에서의 전력 크기 및 위상 (a) 분배된 전력의 크기, (b) 분배된 전력의 위상
Fig. 5. Characteristic of the power divider(amplitude and phase)

: 0.1의 비율로 전력이 분배됨을 알 수 있다. 그림 5(b)는 분배된 전력의 위상을 보여준다. WAVE 통신 대역에서 분배된 전력의 위상 차이는 2°미만으로 동 위상으로 전력이 분배되는 것을 확인할 수 있다.

2.1.3 원형 편파 마이크로스트립 패치 어레이 안테나 설계

그림 6은 C-ITS를 위한 WAVE용 원형 편파 마이크로스트립 패치 배열 안테나를 나타내었다.

제안한 안테나는 4개의 원형 편파 마이크로스트립 패치 안테나를 전력 분배기를 통해 1 × 4로 배열한 구조로 Taconic사의 TLX-9 기판 ($\epsilon_r=2.5$, $\tan \delta =0.0019@10\text{GHz}$, 두께=0.5mm) 위에 설계되었다.

그림 7(a)는 제안한 안테나의 반사 손실을 보여주며, WAVE 통신 대역 5.855~5.925GHz에서 VSWR 1.5:1 이하를 기준으로 광대역 특성을 만족하는 것을 확인할 수 있다. 그림 7(b)는 제안한 안테나의 축비 (Axial Ratio)로 WAVE 통신 대역(회색 음영)에서

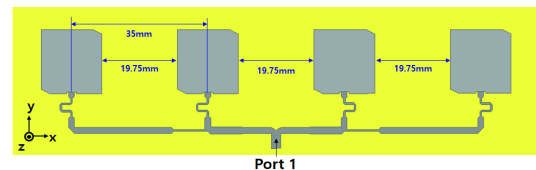


그림 6. 1×4 원형 편파 마이크로스트립 패치 어레이 안테나 구조
Fig. 6. Structure of the 1x4 circular polarized microstrip patch array antenna

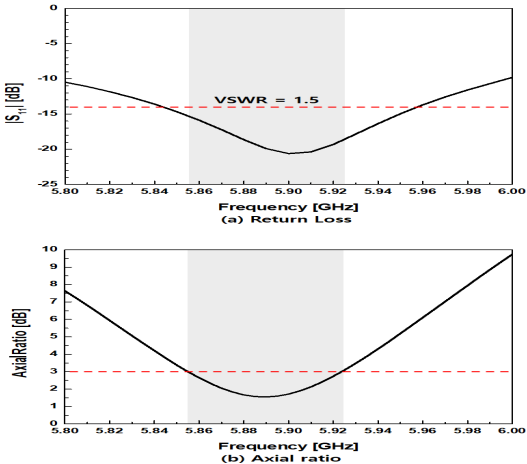


그림 7. 1x4 원형편파 마이크로스트립 패치 배열안테나 반사손실 및 축비 (a) 반사손실, (b) 축비
 Fig. 7. 1x4 circular polarized microstrip patch array antenna(return loss and axial ratio)

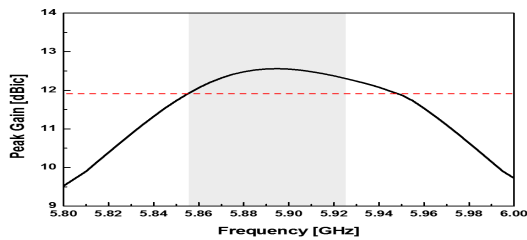


그림 8. 1x4 원형편파 마이크로스트립 패치 배열안테나 최대 이득
 Fig. 8. Maximum gain of the 1x4 circular polarized microstrip patch array antenna

3dB 이하의 값을 만족하며, 원형 편파의 특성을 만족함을 확인할 수 있다. 그림 8은 제안한 안테나의 최대 이득을 보여주며, WAVE 통신 대역 내에서 안테나의 최대 이득은 11.9dBic 이상의 고이득 특성을 확인할 수 있다.

그림 9(a)와 (b)는 제안한 안테나의 zx 면과 yz 면에서 얻어진 2D 방사 패턴이다. 최대 이득 방향은 z축과 동일하며, yz 면에서 얻어진 2D 방사 패턴의 반전력빔폭은 약 20°이며, zx 면에서 얻어진 2D 방사 패턴의 반전력빔폭은 약 73°를 만족한다.

2.2 제안한 차량 내부용 원형 편파 마이크로스트립 패치 배열 안테나

2.2.1 차량 내부용 원형 편파 마이크로스트립 패치 배열안테나 제작 및 설치구조

그림 10은 C-ITS를 위한 차량내부용 원형 편파 마이크로스트립 패치 배열 안테나의 전체 구조를 나타

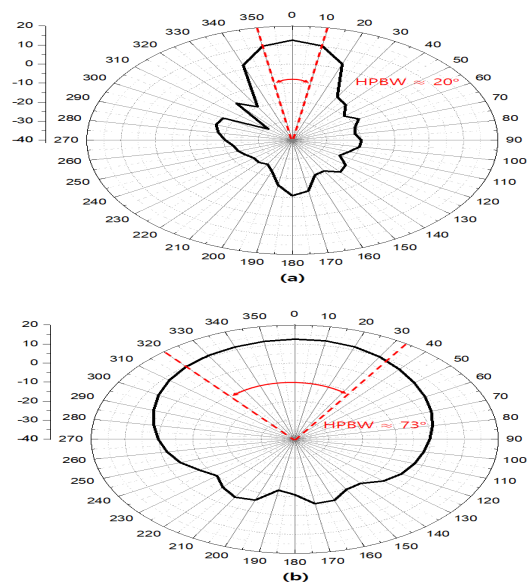


그림 9. 1x4 원형편파 마이크로스트립 패치 배열안테나 2D 방사패턴 및 반전력 빔폭 (a) zx 면, (b) yz 면
 Fig. 9. 2D radiation patten and HPBW of the 1x4 circular polarized microstrip patch array antenna (a) zx-plane, (b) yz-plane

내었다. C-ITS 차량단말기(OBU: On Board Unit)는 실시간 데이터 처리 및 지연방지를 위해 듀얼 RF로 구현된다. C-ITS 차량용 안테나로 적용하기 위해서 듀얼 RF를 지원하도록 설계하였다. WAVE 통신을 위해 차량에 설치되는 차량단말기의 듀얼 RF 포트를 지원하기 위해 하나의 안테나 케이스에 듀얼 포트를 지원할 수 있도록 설계하였다. 차량 내부용 원형 편파 마이크로스트립 패치안테나는 그림 10과 같이 1 × 4로 배열한 안테나를 차량단말기 RF1, RF2에 연결이 가능하도록 구성하였으며 안테나의 실물도는 그림 11과 같다.

제안한 차량 내부용 원형 편파 마이크로스트립 패치안테나의 차량 내부설치 구성을 그림 12에 블록다

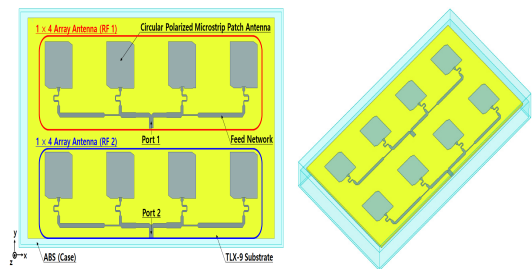


그림 10. 제안한 차량 내부용 원형 편파 마이크로스트립 패치 배열 안테나 전체구조
 Fig. 10. Structure of the proposed inner antenna

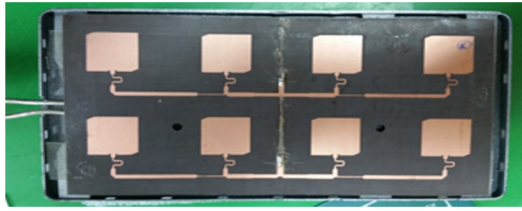


그림 11. 제안한 차량 내부용 원형편파 마이크로스트립 패치 배열안테나 실물도
Fig. 11. Photograph of the proposed inner antenna



그림 13. 제안한 차량 내부용 원형편파 마이크로스트립 패치 배열안테나 케이스 디자인
Fig. 13. Radome design of the proposed inner antenna

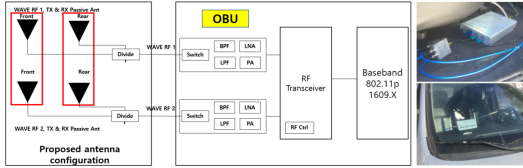


그림 12. 제안한 차량 내부용 안테나 설치구조
Fig. 12. Installation block diagram of the proposed inner antenna

이어그램으로 나타내었다. 차량 내부에 설치되는 열악한 환경 상 특정 방향(차량 전면 또는 후면)으로만 설치할 경우 특정방향으로만 통신이 되는 문제점이 있을 수 있다. 이를 해결하기 위해 전력분배기를 사용해서 차량 전/후면에 안테나를 설치하는 구조로 설계하였다. 설치위치는 전면의 경우 운전자의 시야의 방해 를 최소화하기 위해 조수석 하단부에 설치하였으면 후면의 경우도 후방의 시야의 방해 를 최소화할 수 있게 보조석 뒤 하단부에 설치하였다.

2.2.2 차량 내부용 안테나 디자인 및 구성

제안한 차량 내부용 원형 편파 마이크로스트립 패치안테나는 안테나 보호, 설치의 편리성, 케이블 처리, 이용자 만족도 충족을 위해 안테나 케이스를 설계하였다. 그림 13에 안테나 케이스를 나타내었다. 안테나 케이스는 ABS 재질($\epsilon_r=2$)로 적용되었고 주차알림판 기능을 할 수 있는 형태로 디자인하였다. 안테나의 전체 크기는 $149.4 \times 79.4 \times 8 \text{ mm}^3$ 로 차량 내부에 설치하기에 적합한 크기로 제작하였다.

III. 성능시험

C-ITS 차량 내부용 안테나의 적합성 검증을 위해 V2X 성능시험을 수행하였다. V2X 성능검증을 위해서 차량 대 차량(V2V)에 대해서는 통신성능시험과 차량 대 인프라(V2I) 서비스 정확도 시험을 실시하여 제안한 안테나의 특성을 확인하였다.

3.1 차량 대 차량(V2V) 통신성능 시험

C-ITS의 안전서비스를 위해 가장 차별화된 특징적인 부분은 V2V 통신에 있으며 C-ITS의 차량용 안테나로 적용하기 위해서는 V2V의 통신영역을 확보해야 한다.

C-ITS 통신영역은 PER(Packet Error Rate) 10% 이내의 영역을 기준으로 하고 있다⁹⁾. C-ITS 차량 내부용 안테나의 적합성 검증을 위한 현장 테스트는 그림 14에 나타내었으며 V2V 통신영역 측정파라미터는 표 1과 같다.

통신영역 측정을 차량단말기는 국내 차세대 ITS 시범사업에 적용된 차량단말기를 사용하였으며 세부 측정 방법 및 시나리오는 다음과 같다.

첫 번째 기준이 되는 정지 차량에 설치된 차량단말기에 측정 대상 안테나를 설치 후 표 1과 같이 차량단말기 송신파라미터를 설정한다. 두 번째 주행하는 차



그림 14. 차량 내부용 안테나 V2V 현장테스트
Fig. 14. V2V measurement of the proposed inner antenna

표 1. V2V 통신영역 측정파라미터

Table 1. Measurement parameters for the communication coverage

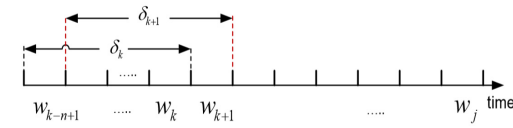
Parameter	Value
Channel number	172 ch (5.855~5.865GHz)
Data Rate	6Mbps
Transmit Power	20dBm
Message length	1400byte
Message Transmit Period	100msec
Antenna Cable Length	Reference 2m

량에 차량단말기 및 측정 대상 안테나를 설치 후 수신된 V2V 메시지를 로그에 저장한다. 마지막으로 저장된 로그를 분석하고 기준이 되는 정지 차량을 회전해서 반복 주행을 통해 통신영역을 측정하였다.

통신영역 산정방법은 Society of Automotive Engineers (SAE) J2945-1 규격에 정의된 내용을 준용하여 슬라이딩 윈도우 기법을 적용해 PER 10% 이내의 구간을 식 (3)을 활용해서 계산하였다^[10].

$$PER_i(k) = \frac{\text{number of missed BSMS from } RV_i \text{ during } [w_{k-n+1}, w_k]}{\text{total expected BSMS from } RV_i \text{ during } [w_{k-n+1}, w_k]} \quad (3)$$

where $k \geq n$.



추가적으로 수신된 V2V 메시지의 적합성 판단의 보조수단으로 활용하기 위해서 메시지 내의 위치정보 (GPS 정보) 와 수신레벨을 저장하여 수신된 V2V 메시지 및 통신영역을 검증하였다. 측정된 통신영역 위치정보 및 차량단말기 수신레벨 측정 예를 그림 15에 나타내었다. 그림 15(a)는 수신된 V2V 메시지의 위치 정보를 맵에 매핑한 결과이며 (b)는 메시지 수신 성공했을 경우의 수신레벨을 확인하였다.

제안한 차량 내부용 안테나의 V2V 통신영역 적합성 판단을 위해서 차세대 ITS 시범사업에 적용되었던 외장형 안테나와 통신영역을 비교하였다. 그림 16은 제안한 차량 내부용 안테나 및 외장형 안테나의 통신영역 측정결과이다.

통신영역 측정결과는 V2V 메시지를 송신하는 정지차량 기준으로 멀어지는 방향으로 주행하는 경우를 주행차량 후면방향, 정지차량으로 접근하는 방향으로 주행하는 경우를 주행차량 전면방향으로 그림 16(a), (b)에 각각 나타내었다. 측정결과 주행차량 후면방향

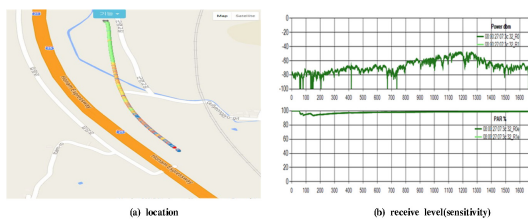
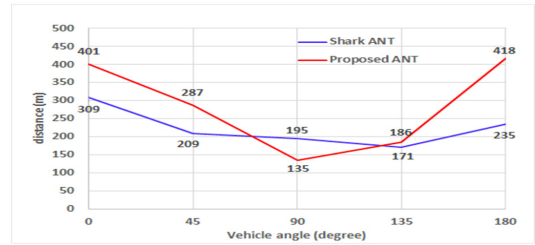
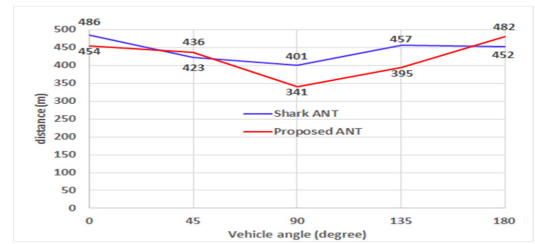


그림 15. V2V 통신영역 (a) 위치정보, (b) 수신레벨
Fig. 15. V2V communication coverage



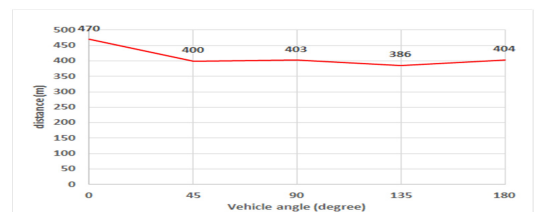
(a) The back



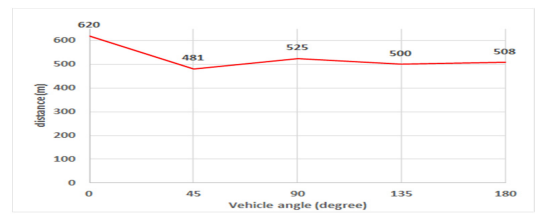
(b) The front

그림 16. V2V 통신영역 측정결과 (a) 주행차량 후면방향 통신영역, (b) 주행차량 전면방향 통신영역
Fig. 16. Measurement result of the communication coverage about V2V

의 통신영역이 낮음을 알 수 있으며 이는 시험도로의 굽은 도로로 인한 환경적인 문제와 주행하는 차량의 구조적인 문제로 보여진다. 제안한 차량 내부용 안테나는 외장형 안테나에 비해 측면 통신영역이 낮음을 확인할 수 있는데 이는 제안한 안테나의 고이득 특성으로 인한 빔폭의 영향으로 분석된다. 제안한 차량 내부용 안테나의 평균 통신영역은 300m 이상으로 양호한 통신영역을 확인할 수 있다.



(a) The back



(b) The front

그림 17. V2V 외부용 안테나와 호환성 측정결과 (a) 주행차량 후면방향 통신영역, (b)주행차량 전면방향 통신영역
Fig. 17. measurement result of the compatibility about V2V

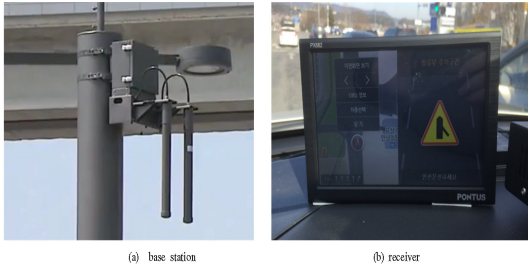


그림 18. V2I 통신성능 테스트 (a) C-ITS 노변기지국 (b) 단말기 표출장치
 Fig. 18. Measurement of the communication performance about V2I

C-ITS 실제 상용화 적합성 판단을 위해 외장형 안테나와 호환성 테스트를 추가적으로 수행하였다. 통신영역 측정 결과는 그림 17과 같다. 정지차량에 외장형 안테나를 설치해서 측정하였으며 측정방법과 시나리오의 위와 동일하다. 통신영역 측정결과 전체 차량방향에서 400m의 통신영역으로 적용하는데 문제가 없는 것을 확인할 수 있다. 외장형 안테나의 전방방향 특성으로 인해 양호한 통신영역 특성을 보이는 것으로 판단되며 외장형안테나와 호환성에는 문제가 없음을 알 수 있다.

3.2 차량 대 인프라(V2I) 성능 시험

V2I 통신성능을 확인하기 위해 C-ITS 노변기지국이 설치된 구간에서 서비스 정확도 시험을 수행하였다. 그림 18과 같은 노변기지국에서 서비스를 제공하고 측정차량에 측정용 안테나를 설치하여 서비스를 수신해서 성능검증을 하였다. 세부 측정방법은 다음과 같다.

첫째 주행차량에 차량단말기와 측정대상 안테나를 설치한다. 둘째 설치되어 있는 노변기지국으로 주행을 통해서 서비스를 수신한다. 셋째 주행차량의 차량단말

기에서 로그를 수집한다. 마지막으로 주행차량에 설치되어 있는 HMI를 통해 정확한 서비스가 표시되는지 분석하여 V2I 성능시험을 수행하였다. C-ITS 노변기지국에서 제공되는 4가지 서비스를 기반으로 V2I 통신성능을 확인하였고 측정결과는 표 2에 나타내었다.

V2I 서비스 정확도 측정결과 위치기반교통정보제공, 도로위험구간 정보제공, 기상정보 제공 서비스는 100% 만족하였다. 교차로 신호정보제공 서비스는 외장형 및 제안한 안테나 모두 6회 정보누락을 98.9% 정확도를 나타내었다. 정보누락은 실주행 시 대형차량 및 도로환경의 문제로 판단된다. 제안한 차량 내부용 원형편파 마이크로스트립 패치 배열 안테나의 V2I 통신성능 확인결과 양호한 특성을 가지고 있음을 확인할 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 C-ITS 활성화를 위한 차량 내부용 원형편파 마이크로스트립 패치 배열 안테나를 제안한다. 제안한 안테나는 페이딩 현상 및 차량내부에 설치되는 환경을 고려하여 단일안테나를 원형 편파특성을 만족하는 안테나를 1 x 4로 배열하였으며, 전력 분배기를 통해 안테나는 동작하게 하였다. 전력 분배기는 0.1:0.4:0.4:0.1의 전력 분배비를 가지며, 동등한 위상을 가진다. 제안한 안테나는 C-ITS WAVE 통신용 주파수인 5.855~5.925GHz 대역에서 1.5 이하의 VSWR을 만족하고, 동작 주파수내에서 안테나의 최대 이득은 11.9dBic 이상의 고이득 특성을 보이며 중심 주파수에서 yz 면에서의 반전력빔폭은 20°, zx 면에서의 반전력빔폭은 73°의 안테나의 성능을 만족하였다. 제안한 안테나 성능을 확인하기 위해 V2V 통신영역, V2I 서비스 정확도 성능측정을 수행하였다. 측정결과 V2V 통신영역은 평균 300m 이상, 외부용 안테나와

표 2. V2I 서비스 정확도 측정결과
 Table 2. Measurement result of V2I service accuracy

C-ITS Service	Number of Service	External antenna	Proposed antenna
Providing location based traffic information	19	19	19
	accuracy	100%	100%
Providing road hazard section information	10	10	10
	accuracy	100%	100%
Weather information	2	2	2
	accuracy	100%	100%
Providing signal information	551	545	545
	accuracy	98.9	98.9

의 V2V 통신영역은 평균 400m로 양호한 결과를 확인하였다. V2I 서비스 정확도는 전체 서비스 제공 582회 중 577회 성공으로 99.725%의 정확도를 확인하였다. 향후 C-ITS 활성화에 있어 이용자 중심 설치 방안을 고려할 때 제안한 안테나가 C-ITS 차량내부용 안테나로 적용될 것으로 기대된다.

References

- [1] I. S. Choi, Y. S. Hong, and G. H. Kim, "Autonomous car with C-ITS," *IEIE Conf. 2015*, pp. 1860-1863, Jeju Island, Korea, June 2015.
- [2] S. M. Park, J. Gwan, "C-ITS domestic and international status and trends of major security standards," *KIISC*, vol. 25, no. 5, pp. 53-59, Oct. 2015.
- [3] S. C. Kim, H. Y. Hwang, and K. H. Noh, "Smart car service : WAVE status issue," *J. Korea Multimedia Society*, vol. 19, no. 2, pp. 1-6, Jun. 2015.
- [4] J. H. Byun, S. Y. Kim, S. J. Lee, and B. W. Bae, "Development of cooperative intelligent transport system road side-unit antenna," *Korea Intell. Transp. Syst.(KITS) Conf. 2017*, pp. 182-184, Jeju Island, Korea, Apr. 2017.
- [5] S. C. Kim, "A study on the frequency allocation of WAVE for smart vehicle industry," *J. IEEK*, vol. 51, no. 6, pp. 183-189, 2014.
- [6] H. G. Choi, H. S. Oh, W. Cho, and Y. S. Jand, "Fading effects and antenna diversity tests of WAVE communications," *J. Commun. Netw.*, vol 39, no. 10, pp. 967-973, 2014.
- [7] J. S. An and D. H. Ha, "Improvements of the OFDM system performance by using the characteristic of circularly polarized waves and carrier interferometry signals," *J. Commun. Netw.*, vol. 32, no. 8, pp. 794-801, 2007.
- [8] Z. Zhang, F. Liu, W. Chen, and Z. Feng, "An endfire phased array used in wireless access for vehicular environments (WAVE)," *Microwave and Millimeter Wave Technol.*, 2008.

- [9] USDOT(2014), *DSRC Roadside Unit (RSU) Specifications Document Version 4.0*, pp. 40, April. 2014.
- [10] SAE J2745-1 : *On-Board System Requirements for V2V Safety Communications*, pp. 67, Mar. 2016.

변 중 헌 (Jong-Hun Byun)



2004년 2월 : 광운대학교 전파공학과 공학석사
 2004년~2007년 : 고속도로정보통신공단 기술연구소
 2008년~2011년 : 광양만권 u-IT 연구소 선임연구원
 2011년~2012년 : 에터트로닉스 코리아 선임연구원

2012년~현재 : 대보정보통신 기술연구소 수석연구원
 <관심분야> 전파공학, 차세대 ITS, RF 안테나, ITS 시스템

조 용 천 (Yong-Chun Jo)



1990년 2월 : 광운대학교 전자재료공학과 공학사
 1992년 2월 : 광운대학교 전자재료공학과 공학석사
 1992년~1997년 : (주)자네트시스템 선임연구원
 1997년~1999년 : 삼성전자(주) 선임연구원

2000년~2008년 : (주)아크로웨이브시스템 대표이사
 2009년 12월 : (주)에스에이티 시스템사업본부장
 2011년 12월 : (주)씨에스시스템 대표이사
 2013년 12월 : (주)알메탈 시스템사업본부장
 2014년~현재 : 광운대학교 부교수
 <관심분야> 근거리무선통신, 전자재료공학, 무선통신

이 학 용 (Hak-Yong Lee)



1999년 2월 : 광운대학교 전과
공과 공학사
2001년 2월 : 광운대학교 전과
공학과 공학석사
2005년 8월 : 광운대학교 전과
공학과 공학박사
2004년~2006년 : (주)솔리테크 팀
장

2006년~2007년 : 갤럭시게이트(주) 연구소장

2007년 9월~현재 : (주)소노비전 대표이사

<관심분야> 전파공학, RF 안테나, RFID 시스템,
자율주행

배 병 우 (Byeong-Woo Bae)



1988년 2월 : 경북대학교 전자
공학과 공학사
1990년 2월 : 경북대학교 전자
공학과 공학석사
1995년 2월 : 경북대학교 전자
공학과 공학박사
1996년~2002년 : 고속도로정보
통신공단 기술연구소 팀장

2002년~현재 : 대보정보통신 기술연구소 소장

<관심분야> 전자공학, 차세대 ITS, 스마트톨링, ITS
시스템