Journal of the Korean Society of Marine Engineering, Vol. 41, No. 9 pp. 896~901, 2017
J. Korean Soc. of Marine Engineering (JKOSME)
https://doi.org/10.5916/jkosme.2017.41.9.896

ISSN 2234-7925 (Print)
ISSN 2234-8352 (Online)
Original Paper

5.8GHz에서 유리와 안테나 간의 거리 및 각도에 따른 특성 분석

김동우[1] · 나세웅[2] · 김진대[3] · 오순수†

(Received November 7, 2017 ; Revised November 13, 2017 ; Accepted November 21, 2017)

Analysis of antenna characteristics against distance and angle between antenna and glass at 5.8 GHz

Dong-Woo Kim[1]· Se-Woong Na[2]· Jin-Dae Kim[3]· Soon-Soo Oh†

요약: 본 논문은 유리와 안테나 간의 거리와 각도에 대하여 변화된 특성을 시뮬레이션을 이용하여 분석하였다. 기준 안테나로써 5.8GHz에서 작동하는 간단한 구조의 직사각형 패치 안테나를 이용하였다. 시뮬레이션 결과 최적의 유리 이격거리는 25.8mm인 것을 찾았고, 이 거리에서 반사계수 -29.1dB, 방사이득 4.8dBi의 값을 보였다. 또한 유리의 각도를 10° 에서 40°까지 10° 간격으로 시뮬레이션 한 결과, 경사면이 기울려질수록 안테나의 반사계수와 방사이득은 서서히 선형적으로 감소되는 결과를 보였다. 본 논문의 결과는 보트 및 차량 등 이동체 유리 내부의 안테나 설계 시 가이드라인으로 활용될 뿐만 아니라 안테나 레이돔과 같은 안테나 보호막 설계에 적용할 수 있을 것이다.

주제어: 유리, 패치 안테나, 레이돔, 차량용 안테나

Abstract: In this study, antenna characteristics with respect to the distance and angle between antenna and glass were analyzed using a simulator. The reference antenna was a simple rectangular patch antenna operating at 5.8 GHz. From the simulation results, the optimum distance was found to be 25.5 mm, which yielded a reflection coefficient of -29 dB and radiation gain of 4.8 dBi. The simulation results also showed that the reflection coefficient and radiation gain of the antenna decreased linearly with the glass tilt. The results presented in this paper could be useful when designing an antenna inside vehicle including boat and ship and in designing an antenna radome.

Keywords: Glass, Patch antenna, Radome, Vehicular antenna

1. 서 론

현대 사회에 있어서 이동 및 운반 수단인 교통매체는 지역과 국가 간의 경계를 모호하게 해준다. 이와 더불어 통신매체의 발달은 교통수단과 결합하여 더 많은 이점을 주었고, 이와 관련된 연구가 활발히 진행되고 있다**[1]-[3]**. 현재 활발하게 진행되고 있는 차량 간 통신수단으로 WAVE (Wireless Access Vehicular Environment) 통신이 대표적 인 예이다**[4]**. 현재 WAVE 통신은 이동체 외부에 장착된 안테나를 이용하여 전파를 송수신하고 있다**[5]-[7]**. 이는 이동체 내의 탑재된 장치보다 더 긴 케이블이 요구되며 이로 인해 더 큰 전파손실을 발생한다. 또한 이동체 내부와 외부를 연결하기 위해 이동체에 구멍을 뚫어야 되며 이로 인해 부수적인 추가비용과 누수.에 대한 부작용이 발생한다. 역으로 만약 이동체 내부에 안테나를 장착할 수 있다면 앞서 설명한 단점을 보완할 수 있게 된다. 이동체 내부의 안테나를 설계하기에 앞서서 원활한 신호의 송수신을 위해 전파와 유리, 사람, 좌석, 이동체 내부의 전자기기 등 이와 같은 통신장애 요소와의 관계에 대한 특성 분석이 필연적으로 연구되어야 한다.

전자파는 빛의파동과 동일한 운동성을 보인다. 빛이 임의의 물질과 부딪쳤을 때 나오는 현상은 회절, 굴절, 반사가 대표적인 예이다. 전자파 또한 동일한 현상을 보이고 이러한 현상은 안테나의 방사와 큰 관련이 있다**[8]**. 유리도 하나의 매체(media)이며 전자파 경계조건을 통해 전계, 자계 강도를 계산 할 수 있다**[9]**.

이와 다르게 매체로 인한 안테나 효율과 직접적인 관련

† Corresponding Author (ORCID: http://orcid.org/0000-0003-2913-4654): Electronic Engineering, Chosun University, 408, Pilmundae-ro, Dong-gu, Gwangju, 61452, Korea, E-mail: ssoh@chosun.ac.kr, Tel: 062-230-7061
1 Department of Electronics Engineering, Chosun University, E-mail: DWkim@chosun.kr, Tel: 062-230-7061
2 Carnavicom, E-mail: nasewoong@carnavi.com, Tel: 032-837-4752
3 Carnavicom, E-mail: chicman303@carnavi.com, Tel: 032-517-4600

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Copyright ⓒ The Korean Society of Marine Engineering

이 있는 반사계수와 방사이득에 대한 분석된 연구 자료는 찾기 매우 난해하다. 또한 레이돔 관한 대부분의 기존 논문들은 설계된 안테나에 적합하게 설계되었고, 이러한 자료는 특수한 상황에서 레이돔이나 유리와 같은 매체에 대해 응용하기에 난해하다**[10]-[12]**.

본 논문은 앞으로 다가올 이동체 내부에 장착될 안테나에 대비하여 유리가 안테나 특성에 미치는 영향에 대해서 분석하였다. 유리의 간격은 최대 40mm를 초과하지 않고, 각도는 0deg ~ 40deg 까지 분석하였다. 이는 일반적인 대부분의 이동체 유리 환경과 유사한 구조이다. 유리와 안테나를 구성하고 최적의 거리와 각도를 Ansys사의 Hybrid EM simulation 툴인 HFSS을 이용하여 시뮬레이션 하였다. 그리고 최적의 거리와 각도에서 안테나의 반사계수와 방사패턴를 추출하였다. 안테나는 작고 제작하기 간편한 직사각형의 패치 안테나를 활용하였다.

2. 안테나 시뮬레이션 결과

2.1 기준 안테나 설계

다음 **Figure 1**은 시뮬레이션에 이용될 기준 안테나 형상을 보여준다. 유리의 영향을 알아보기 위해 기준 안테나는 ϵ_r=4.4와 두께 1.6mm을 가지는 FR4 기판으로 설계하였다. 기판 포함한 기준 안테나 전체 크기는 34 × 37mm² 이다. 입력포트와 안테나의 간의 임피던스 매칭을 위해 λ/4 트랜스포머를 삽입하여 안테나 효율을 증가시켰다. 반사계수와 방사이득을 시뮬레이션 하였고 다음 **Figure 2**와 같은 결과를 보였다. 기준 안테나는 5.8GHz에서 반사계수 -20dB와 방사이득 7dBi의 결과를 보인다. 시뮬레이션 결과는 기준 안테나는 5.8GHz에서 보편적인 패치 안테나의 성능을 보이고 있다.

2.2 유리와 안테나의 거리 분석

유리와 안테나 간격은 다음 레이돔 설계 **식 (1)**으로 추측할 수 있다**[13]**. 안테나와 레이돔 거리(d)는 반파장($\lambda_0/2$)보다 작을 시 반사가 발생하고 이후의 거리에서는 반사는 점점 작아진다. 이격거리가 반파장 길이 일 때, 전파는 레이돔과 부딪치면서 반전된 위상으로 전파를 반사시킨다. 고주파의 파장은 반파장의 지점에서 자유공간 유사하게 인식한다. 이는 전송회로 관점에서 반파장 길이에서 회로가 개방되기 때문이다**[14]**.

5.8GHz에서 $\lambda_0/2$는 25.8mm이고 결국 유리와의 간격이 최소 25.8mm 이격되어야 된다는 것을 수식을 통해 입증할 수 있다. 다음 과정에서 이격 거리 25.8mm을 기준으로 ± 15mm 이내 거리로 시뮬레이션 하였다.

$$d = \lambda_0/2 \tag{1}$$

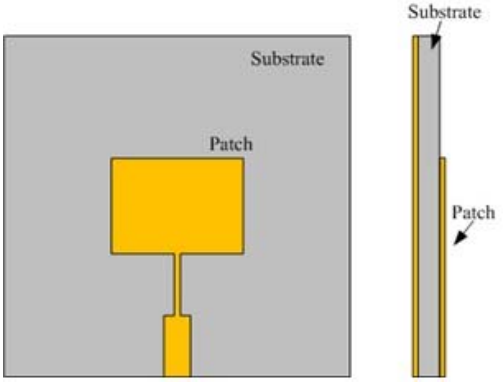
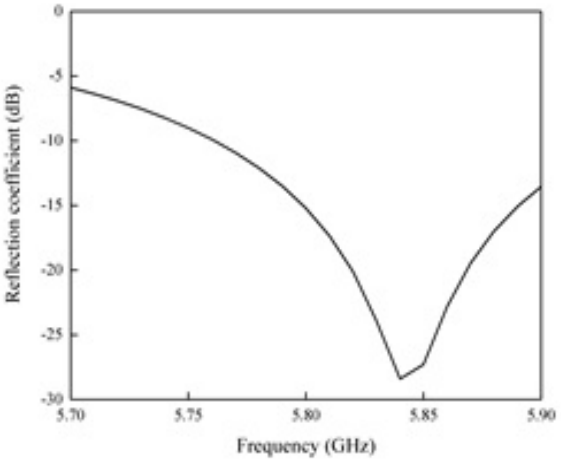
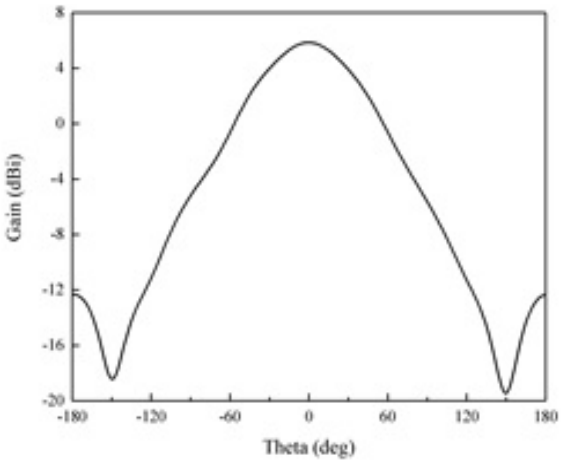


Figure 1: Structure of reference antenna



(a)



(b)

Figure 2: Simulation results of reference antenna, (a) Reflection coefficient, (b) Radiation gain

다음 **Figure 3**은 안테나와 유리 간격에 대한 시뮬레이션 환경을 보여준다. 안테나 윗면 기준으로 z축 높이를 변경하면서 유리를 위치시켰다. 유리 단면적 넓이는 150 × 150 mm²로 안테나보다 9배 크게하여 전파가 유리 옆으로 가는

것을 방지하였다. 유리는 이동체 전방의 유리를 모델화하여 ϵ_r=4와 두께 5mm로 설정하였다. 안테나와 유리 간격이 11.3mm, 25.8mm, 38.8mm일 때 반사계수와 방사패턴을 비교하였다. 또한 선정된 간격 거리에서 YZ 평면과 ZX 평면에서의 전계분포를 시뮬레이션 하였다. **Figure 3 (a)**에 도시된 평면에 따라 전계분포를 추출했다. 최적의 거리인 25.8mm에 대한 결과를 **Figure 5**에 도시하였다.

최적의 유리 이격거리(h)를 다음과 같은 기준으로 선정하였다. 첫째, 방사이득과 전계강도를 비교하여 높은 것을 선정한다. 안테나 효율을 결정하는 것은 반사계수와 방사이득이다. 필요한 대역에서 반사계수가 낮고, 해당 주파수에서 높은 방사이득은 고효율의 안테나로 증명 할 수 있다. 또한 전계강도 분포도는 각 포인트의 방사되는 전력 강도를 시각적으로 포현해줄 뿐만 아니라 방사되는 전력 방향까지 예측이 가능하다. 둘째, 이동체에 유동성을 확보하기 위해서 이격거리는 최소화해야 된다. 유리가 있는 이동체는 주로 차량, 선박, 비행기, 헬리콥터 등 전방을 주시하는 것이 필수적이다. 이러한 내부에는 조종자를 위한 장비들로 인해 공간은 협소하기 때문에 안테나가 설치되는 공간을 적게 확보할수록 연구자료로서 경쟁력이 우수하다 . 셋째, 시뮬레이션 결과값이 기준 안테나와 가장 유사한 결과 값을 선정한다. 유리 없을 때와 가장 유사한 결과는 반사 전파가 가장 적다는 것을 의미하고 이는 첫 선정기준 의미와 부합한다.

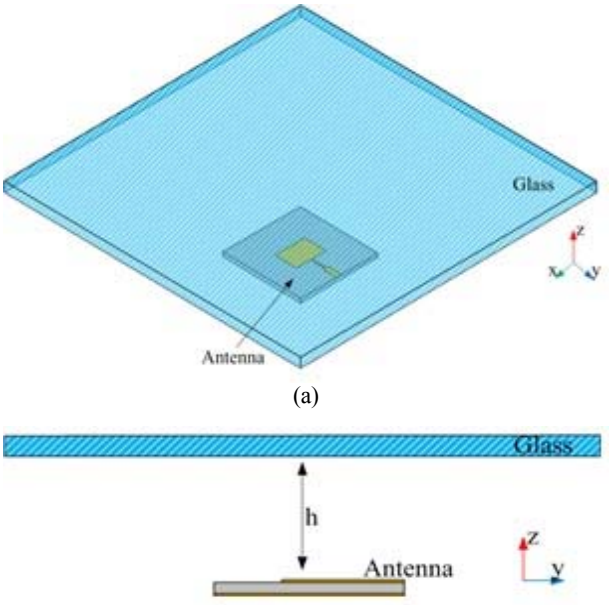


Figure 3: Structure compsoed of the glass and the antenna, (a) Perspective view, (b)Side view

다음 **Figure 4**는 거리에 따라 시뮬레이션 결과를 정리하였다. 결과는 거리가 25.8mm에 일 때, 반사계수는 5.8GHz에서 공진을 보였고, 방사이득은 비록 기준 안테나보다 약 2dBi의 낮은 값을 보이지만 다른 거리에 비해 3~4dBi의 더 큰 이득을 보인다. 기준 안테나보다 낮은 방사이득을 갖는 근거는 **Figure 5**의 전계 분포에서 볼 수 있듯이 유리에 의한 약간의 반사파가 존재한다. 이 반사파의 결과를 미루어 보아 유리가 최적의 거리가 아닐 시 **Figure 4**의 그래프처럼 유리에 대한 반사파에 의해 반사계수 및 방사이득의 차이를 보일 것이며 이는 안테나 성능에 영향에 관련 있는 반사계수와 방사이득 성능을 저하 할 것이다.

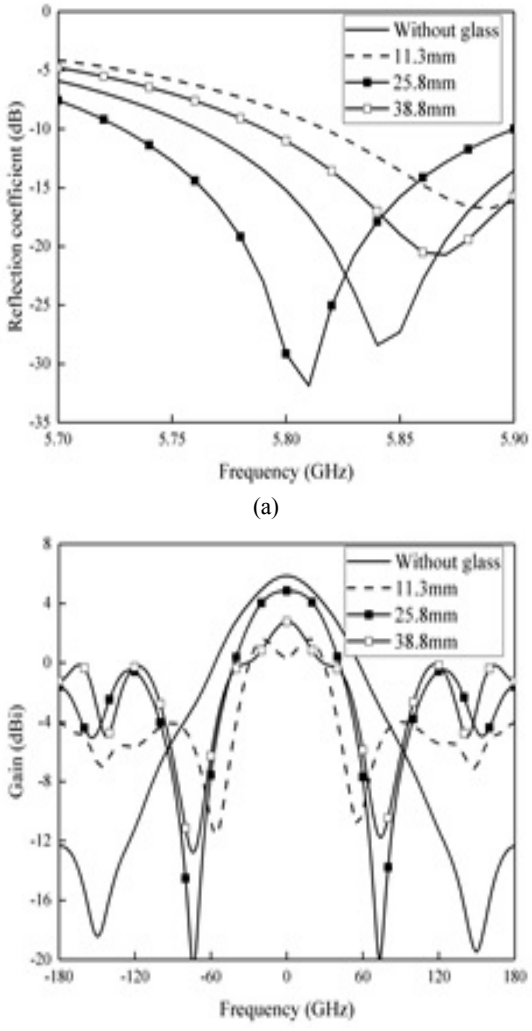
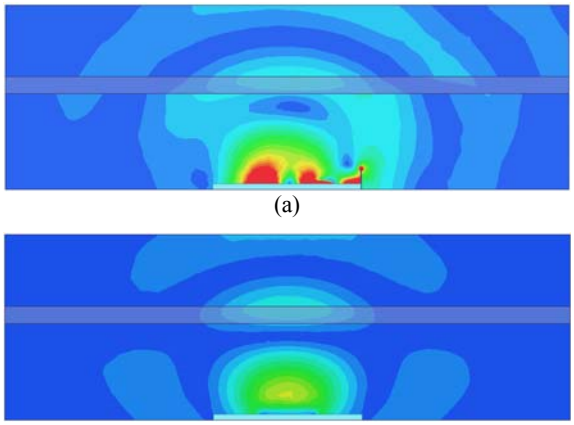


Figure 4: Simulation results against distance, (a) Reflection coefficient, (b)Radiation gain



(a)

(b)

Figure 5: Simulation results of electronic field, (a) yz-plane, (b) zx-plane

2.3 유리 각도가 미치는 영향 분석

최적의 거리에서 유리를 각도별로 시뮬레이션하였다. 안테나와 유리 중심 간의 높이를 최적의 거리 25.8mm로 설정하였고 유리의 중심을 기준으로 x축에 따라 반시계 방향으로 유리 회전시켰다. 각도(Θ)는 10°, 20°, 30°, 40°로 회전하였고 반사계수와 방사이득, 그리고 전계 분포를 추출하였다. **Figure 7**과 **Figure 8**은 시뮬레이션 결과이다.

최적의 각도 선정도 최적의 거리 선정과 유사하다. 반사계수와 방사이득의 값이 가장 중요하다. 0°의 반사계수와 방사이득을 비교하여 효율을 분석한다. 각도의 수치는 중요하지 않다.

10°의 반사계수와 방사이득은 각각 -25.3dB, 5.2dBi 결과를 보였으며 0°의 결과보다 높은 방사이득을 보였다. 그러나 10° 간격으로 각도의 증가에 따라 반사계수, 방사이득이 서서히 저하하게 된다. 결국 40°에서는 반사계수 -11.5dB와 peak 방사이득 3.8dBi의 상당히 저하된 성능을 보인다는 것을 확인했다. 각도가 커질수록 안테나 성능이 선형적으로 저하됨을 시뮬레이션을 통해 보였다. 결과적으로 안테나와 유리가 서로 많이 기울려 질수록 기울기만큼 반사계수는 증가하고 방사이득도 감소함을 입증하였다.

0°에서 20°까지 기울인 경우 안테나 활용에 적합한 규격이지만 그 이상의 각도에서는 활용을 고려해야 한다. 주파수 5.8GHz에서 -10dB 이하의 값을 보이므로 일반적인 안테나 반사계수 규격에 만족하지만 방사이득은 1dBi의 큰 감소를 보인다. 지향성이 낮은 안테나 경우 같은 방사이득 1dBi의 값은 상대적으로 매우 크게 작용할 것이다.

Figure 8의 전계 분포 시뮬레이션 결과를 통해 이에 대한 정확한 근거를 볼 수 있다. 유리가 경사가 급할수록 전파와 부딪치는 표면적이 늘어난다. 이는 전파 반사량이 늘어나는 근본적인 원인이 된다.

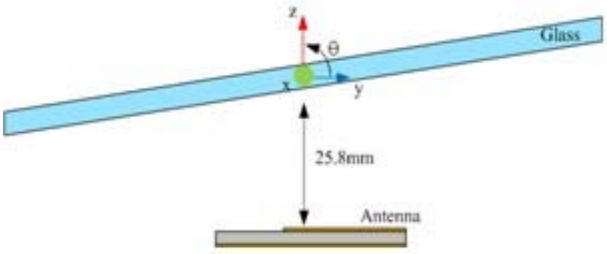
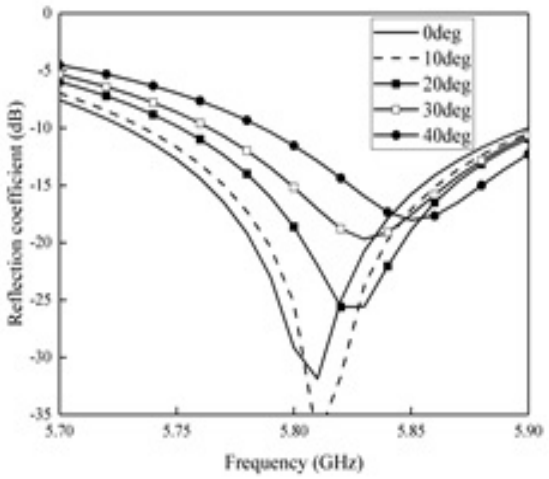
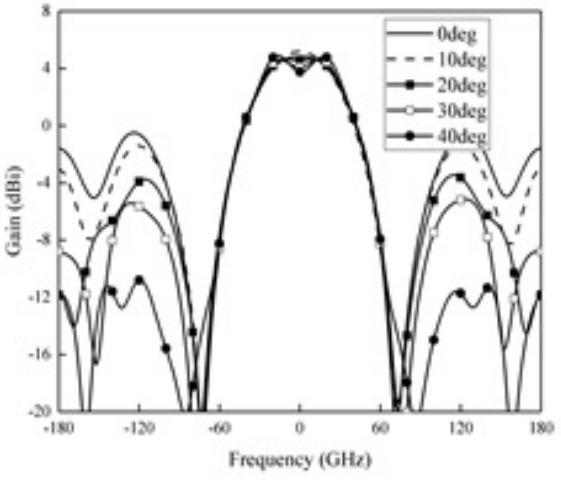


Figure 6: Rotation glass of x-axis at 25.8 mm.



(a)



(b)

Figure 7: Simulation results against glass angle, (a) Reflection coefficient, (b) Radiation pattern

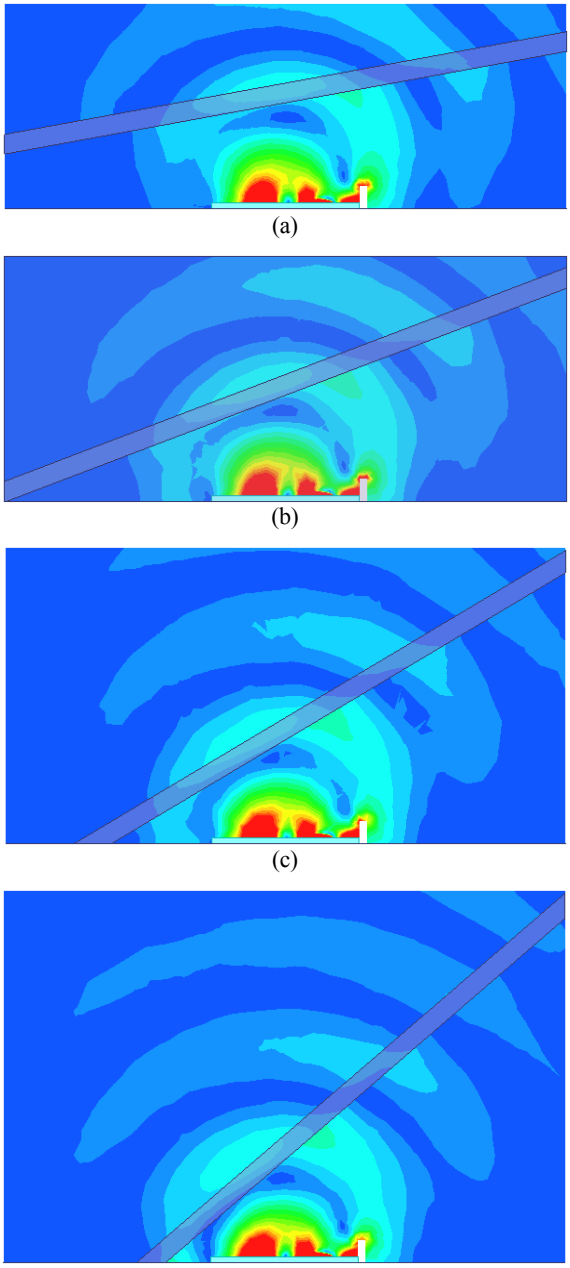


Figure 8: Simulation results of electric field against the angle of glass, (a) 10˚, (b) 20˚, (c) 30˚, (d) 40˚

3. 결 론

본 논문은 유리가 안테나에 미치는 영향에 대해 시뮬레이션하고 분석하였다. 주로 분석한 파라미터는 유리 이격거리와 각도에 따라 안테나 성능을 시뮬레이션하였다. 기준 안테나는 간단한 구조의 직사각형 패치 안테나를 이용하였다. 이에 따라 변경된 안테나 반수계수와 방사이득, 전계 분포를 분석하였다.

시뮬레이션 결과 유리의 이격거리가 25.8mm일 때 다른 거리에 비해 안테나 방사이득이 가장 큰 효율을 보였다. 최적의 이격거리가 아닐 시 반사계수와 방사이득 효율이 하락하였다.

각도는 증가함에 따라 반사계수와 방사이득이 선형적으로 저하되는 것을 시뮬레이션을 통해 보였다. 반사계수는 방사이득은 각도 약 20 ° 까지 활용이 가능하지만 그 이상의 각도에서는 방사이득의 저하로 사용을 고려해야 한다. 이 시뮬레이션 결과는 유리의 경사에 따라 표면적이 늘어남으로써 전파 반사량이 커지는 다는 것을 전계 분포를 통해 시각적으로 분석하였다.

본 논문은 앞으로 개발될 보드 및 배 등 이동체 간 통신에서 유리면 안쪽의 내부 안테나를 설계 시 매우 유용한 참고자료가 될 것이며 더 나아가 안테나 보호하기 위해 배 위에 장착하는 레이돔 및 보호막 설계 시에도 활용가능하다.

후 기

본 연구는 국토교통부 교통물류연구개발사업의 연구비 지원(1615009062)에 의해 수행되었습니다.

References

[1] N. Adhikari, A. Kumar, and S. Noghanian, “Multiple antenna channel measurements for car-to-car commuication,” IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, vol. 15, pp. 674-677, 2016.

[2] H. Wong, K. K. So, and X. Gao, “Bandwidth enhancement of a monopolar patch antenna with V-shaped slot for car-to-car WLAN communications,” IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 65, no. 3, pp. 1130-1136, 2016.

[3] W. Ren, W. Bing Zhong, G. Zhi Shuang, and D. Xiao, “Compact multiport antenna with radiator-sharing approach and its performance evaluation of time reversal in an intra-car environment,” IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 63, no. 9, pp. 4213-4219, 2015.

[4] IEEE Vehicular Technology Society, “IEEE standard for wireless access in vehicular environments (WAVE),” IEEE Std 1609.4, 2016.

[5] T. H. Yang, “A study on the WAVE base station antenna design for dooperative driving,” The Korean Institute of Communications and Information Sciences, vol. 2015, no. 6, 2015 (in Korean).

[6] H. K. Choi, H. S. Oh, W. Cho, and Y. S. Jang, “Fading effects and antenna diversity tests of WAVE,” The Journal of Korea Information and Communications Society, vol. 39, no. 10, pp. 967-973, 2014 (in Korean).

[7] H. G. Jung, S. H. Yoon, S. K. Jin, and S. H. Jang, “Analysis of V2X communication performance of large vehicle,” Proceedings of the Korean Institute of

Communication Sciences Conference, vol. 2016, no. 11, pp. 500-501, 2016 (in Korean).

[8] E. Hecht, Optics, 4th ed., Addison-Wesley, 2002.

[9] D. K. Cheng, Fundamentals of Engineering Electromagnetics, Addison-Wesley, 1993.

[10] X. Li, Q. Liu, and J. Zhang, “Design and application of high-power cavity-backed helical antenna with unit ceramic radome,” Electronics Letters, vol. 51, no. 8, pp. 601-602, 2015.

[11] I. V. Minin, O. V. Minin, and G. V. Shuvalov, “Dielectric zoned wedge scanned diffractive 3D lens antenna-radome,” 2014 39th International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves, pp. 1-1, 2014.

[12] M. Moccia, G. Castaldi, G. D’Alterio, M. Feo, R. Vitiello, and V. Galdi, “Transformation-optics-based design of a metamaterial radome for extending the scanning angle of a phased-array antenna,” IEEE Journal on Multiscale and Multiphysics Computational Techniques, vol. 2, pp. 159-167, 2017.

[13] RFbeam Microwave GMbH, https://www.rfbeam.ch/files/products/18/downloads/AN-03-Radome.pdf, Application Note AN-03, Accessed April 11, 2013.

[14] D. M. Pozar, Microwave Engineering, 4th ed., John Wiley & Sons, 2012.