

WIRE-GRID법을 이용한 차량의 모델링

김영식* · 김상진** · 천창율**
 *한국안전유리(주) · **서울시립대학교 전자공학과

A Modeling of Automobile Body by the Wire-Grid Method

Youngsik Kim* · Sangjin Kim** · Changyul Cheon**

*Hankuk Safety Glass Co.,Ltd. · **Dept. of Electronics Engineering Seoul City Univ.

Abstract - 차량용 안테나 시스템을 설계하기 위해서는 안테나를 포함한 차량 전체를 하나의 안테나계로 모델링해야 한다. 본 논문에서는 안테나계를 wire-grid법을 적용하여 FM 라디오 대역에서 모델링 하였다. 시뮬레이션은 NEC(Numerical Electromagnetics Code)-2 모멘트법 코드를 이용하여, wire의 반경을 0.005λ일 때와 twice surface area rule의 경우를 각각 적용하여 해석하였다. 이 해석의 타당성 검증은 위하여 복사 패턴의 수치 해석치를 구한 후 실제 차량의 실험 결과와 비교하였다.

모델에 대하여 위 두 저자[3,4]의 방법을 검증하였고, 실제 차량에 대해서도 wire의 반경을 0.005λ와 twice surface area rule(TSAR)을 적용하여 NEC [11]를 사용하여 해석하고 이론치와 실험치를 비교하였다.

1. 서 론

최근의 정보화 추세에 맞추어 AM·FM라디오, TV등의 방송 미디어, 자동차 전화, GPS등 요즈음의 자동차에는 다양한 정보 통신 기기가 탑재되고 있다. 차량에 탑재되는 안테나는 이런 정보의 품질을 좌우하는 중요 장치이다. 이런 정보 통신 서비스를 이용하려면 1대의 자동차에 여러 종류의 안테나를 설치하지 않으면 안된다. 이들 안테나를 해석하는데 있어서 차체와 안테나를 하나의 안테나계로 해석해야 하고 이를 위해서는 차체를 모델링 해야 한다. 도체에 의한 전자파의 산란 특성을 해석하는데 있어서 Wire-Grid 모델링 기법은 많은 사람들에게 의해서 광범위하게 연구되어 왔다. Wire-Grid는 도체를 선상 격자 모양으로 대체하여 여기에서 유효 되는 전류만을 고려하는 수치 해석 방법이다[1]. Tanaka는 차체를 wire-grid 법을 이용해서 box 형태로 모델링 하고 실제 크기의 1/15로 모델을 제작 실험하여 이론치와 서로 비교하였다[2]. Nishikawa 등도 차체를 반경이 0.005λ이고, 격자의 길이를 0.1λ 정도의 wire-grid로 모델링하고 1/10의 축소 모형을 만들어 실험치와 이론치를 비교하였다[3]. Austin은 차체를 wire-grid로 모델링시, 실제 면적에 대한 twice surface area rule[7,9]를 적용하여 wire 반경을 고려한 뒤 모델링 하였고, 해석치와 실험치를 비교하였다[4]. 본 논문에서는 Nishikawa

2. 본 론

2.1 NISHIKAWA 모델

그림1은 Nishikawa가 사용한 근사 모델이다. 이 모델을 NEC로서 저자의 방법과 동일하게, 즉 주파수 80MHz에서 wire의 반경은 0.005λ, 격자 간격을 약 0.1λ로 모델링하여 해석하고, 또한 twice surface area rule을 적용하여 해석한 후, 그 결과치들 서로 비교하였다. 그림2의 (a), (b)는 수평면내(θ=90°)에서 NEC로 해석한 |E_θ|, |E_φ|에 관한 지향 특성을 나타내고, 그림3의 (a)와 (b)는 Nishikawa에 의한 해석치 및 실험치를 나타낸다.

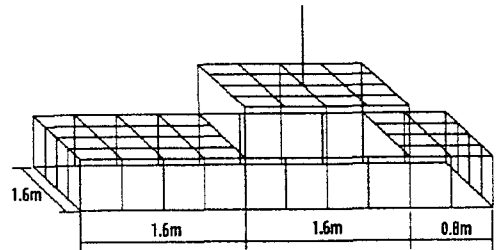
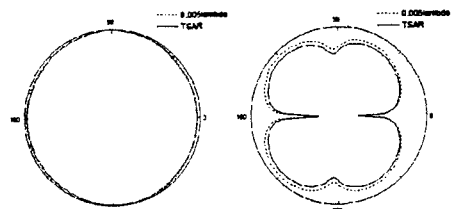


그림 1. 근사 Wire-Grid 모델



(a) |E_θ| (θ=90°) (b) |E_φ| (θ=90°)
 그림 2. 지향 특성 (f=80MHz)

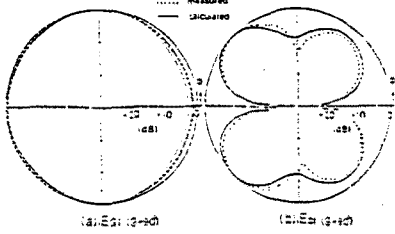


그림 3. 지향 특성 (f=80MHz)

2.2 차체의 모델링

그림4는 본 논문에서 해석할 승용차를 근사적으로 모델링한 것이다. 차체 부분은 보닛, 루프, 트렁크와 앞면, 뒷면, 그리고 양측면과 바닥 등을 고려하였다. 차량은 [4,6]에서 언급한 기법을 따라서 wire-grid로 대체하였다. Mesh의 생성은 3-D mesh 제너레이터를 이용하였으며 mesh 제너레이터에 의해서 생성되는 wire의 반경은 twice surface area rule을 고려한 것이다. 이때 스페이싱은 $0.065\lambda \sim 0.081\lambda$ 정도로 하였고, 생성된 mesh수는 882개였다.

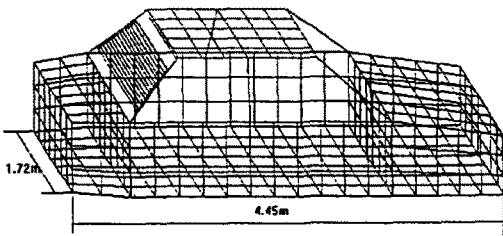


그림 4. Wire-Grid 모델

2.3 글라스의 모델링

그림5는 안테나가 장착된 글라스를 나타낸다. 열선은 14개이며 반경은 0.5mm로 하였다. 안테나 역시 반경은 0.5mm로 하고, 인덕티브 로딩[4]을 하였으나, 글라스의 유전율은 고려하지 않았다. 이렇게 해서 생성된 총 mesh 수는 1000개이며 차체 부분이 882개, 글라스 부분이 118개이다.

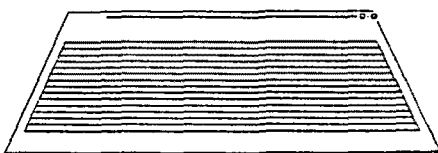
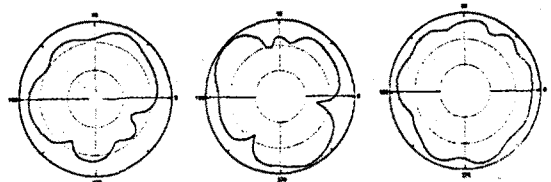


그림 5. 글라스에 부착된 모노폴 안테나 및 열선

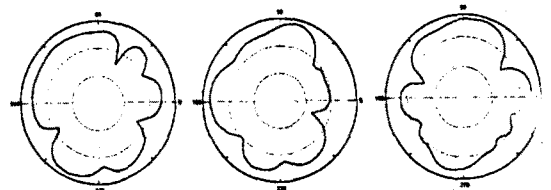
2.4 해석치 및 측정 결과

이론적인 해석은 FM 라디오 대역의 88MHz, 98MHz, 108MHz에 대하여 하였다. 그림6에는 wire 반경에 대해서 twice surface area rule(TSAR)을 적용하여 수평면내($\theta=90^\circ$)에서 해석한 $|E_\theta|$ 에 관한 지향 특성을 각각 주파수별로 나타내었다. 또한 그림7에는 wire 반경을 FM 라디오 주파수의 중간에 해당하는 98MHz 파장에 대한 0.005λ 로 일정하게 하여 해석한 결과를 각 주파수별로 나타내었다. 실험은 오픈 사이트에서 자동차를 로테이터에 올려놓고 송신용 안테나와의 거리를 50m 떨어뜨려서 5도 간격으로 측정하였다. 안테나 급전점에 50Ω 동축 케이블을 이용했다. 각 주파수에 대한 측정 결과를 그림8에 나타내었다. 수치 해석상 차량을 라운드 부분등 세세한 부분까지 정확하게 모델링하지 못하는 어려움 때문에 모든 주파수(88, 98, 108MHz)에서 정확히 일치하지 못하고 있다. 기존의 논문들[7,12]에서는 주로 한가지 주파수에 대하여 실험치에 일치하도록 wire 반경 및 세그먼트의 길이를 조정하였다. 하지만 이는 다른 주파수에서는 맞지 않는 특성을 보이고 있음을 수치 해석 결과 알 수 있었다. 이는 차량의 모델링에 따른 resonance를 고려하지 못한 방법 때문으로 사료된다. 본 연구의 결과에 따르면 108MHz에서는 TSAR를 이용한 경우 실측치와 비교적 일치하는 결과를 얻을 수 있었으나 98MHz의 경우는 일치하지 않았다. 98MHz에서 일치하도록 wire의 반경 및 세그먼트 수를 조정하면 다른 주파수에서 실측치와 차이가 남을 볼 수 있었다. 따라서 차량을 모델링할 경우 주파수에 따라 각기 다른 모델링 방법을 선택할 필요가 있다고 생각된다.



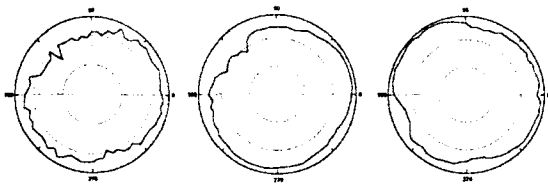
(a)88MHz (b)98MHz (c)108MHz

그림 6. Wire의 반경을 TSAR을 적용하여 해석한 경우의 지향 특성



(a)88MHz (b)98MHz (c)108MHz

그림 7. Wire의 반경을 98MHz에 대한 0.005λ 를 적용하여 해석한 경우의 지향 특성



(a)88MHz (b)98MHz (c)108MHz

그림 8. 모노폴 안테나의 측정된 지향 특성

3. 결 론

자동차의 근사 모델을 생각하여 wire-grid법을 적용해서 해석을 하였고, 뒷유리에 부착된 모노폴 안테나의 FM 라디오 대역에서의 지향 특성을 구하였다. [3,4]에서 적용한 방법으로 wire의 반경을 각각 고려하여 또한 해석을 하였다. 실험치와 비교해 볼 때 FM 라디오의 전 주파수 대역에 대해서 어느 방법도 정확하게 일치하지는 않았지만, twice surface area rule을 적용하여 wire의 반경을 고려한 모델이 더 좋은 경향을 보였다. 모든 주파수에 대하여 일치하지 않으므로 차량을 주파수에 따라 모델링하는 것도 한가지 방법일 수 있다고 사료되며, 본 연구에서는 글라스의 유전율을 고려하지 않았지만, 고려하는 것이 좀 더 정확한 예측이 가능하리라 생각된다.

(참 고 문 헌)

[1] J. H. Richmond, "A wire-grid model for scattering by conducting bodies," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. AP-14, no. 6, pp. 782-786, Nov. 1966.

[2] M. Tanaka, "A study on the electric field distribution in an automobile body for an antenna system mounted inside the body," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. VT-37, no. 2, pp. 114-119, May 1988.

[3] K. Nishikawa, "Analysis of a Monopole Antenna Mounted on an Automobile Body by the Wire-Grid Method," *전자통신학회논문지*, vol. J66-B, no. 7, pp. 845-852, July 1983.

[4] B. A. Austin and R. K. Najm, "Conformal on-glass vehicle antennas at VHF," *Proc. IEE 8th International Conference of Antennas and Propagat.*, no. 370, pp. 900-903, 1993.

[5] A. C. Ludwig, "Wire-grid modeling of surfaces," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. AP-35, no. 9, pp. 1405-1408, Sept. 1987.

[6] J. Moore and R. Pizer, *Moment Methods in Electromagnetics*, Research studies Press, 1984.

[7] Najm, R. K., "A Simplified 3-D Mesh Generator," *Applied Computational Electromagnetics Society Journal*, Vol.6, no. 2, pp. 86-89, 1991.

[8] K. Hirasawa and K. Fujimoto, "On wire-grid method for analysis of wire antennas near/on a rectangular conducting body", *전자통신학회논문지*, vol. J65-B, no. 4, April 1982.

[9] K. Nishikawa, "Car antennas and technologies", *신학기보*, AP93-143, MW93-146, RCS93-97, pp. 87-94(1994-02).

[10] W. L. Stutzman and G. A. Thiele, *Antenna theory and design*, John Wiley & Sons, 1981.

[11] Burke, G., J., and Poggio, A., J., "Numerical Electromagnetics Code - Method of Moments", NOSC technical document 116, vol.2, Jan., 1981.

[12] B. A. Austin and R. K. Najm, "Wire-grid modelling of vehicles with flush-mounted window antennas", *IEE International Conference on Antennas and Propagat.*, York, Publ. vol.2, no.333, pp.950-953, 1991.