

단일 슬리브 모노폴을 이용한 차량용 와이퍼 안테나의 개발

Development of Wiper Antenna for Automobile using Single Sleeve Monopole

최 광 제*
Kwangje Choi

ABSTRACT

The pole antenna of vehicles for AM/FM radio broadcasting receptions has many problems, such as damageable mechanical system and noise etc. It is considered that noise is composed of the structural vibration noise and the air flow induced aerodynamic noise. Also we find out that the setting process of a printed on-glass automobile antenna has many difficulties.

Recently, the above mentioned problems can be reduced by employing enhanced wiper antenna which utilizes the windshield wiper arm. The new system is a passive antenna. In this study, experiments for the characteristics of a wiper antenna by measuring the SWR, radiation pattern and received power have been carried out. The experimental results show that the efficiency of the wiper antenna has better performance than any other antenna.

주요기술용어 : Pole antenna(폴 안테나), Sleeve monopole(슬리브 모노폴), Wiper antenna(와이퍼 안테나), Inductor sleeve(인덕터 슬리브), Capacitor sleeve(커패시터 슬리브), Windshield wiper arm(윈드쉴드 와이퍼 암)

Nomenclature

λ : 전파의 파장, m
 l, L : 안테나 도체의 길이, m
 d, D : 안테나 도체의 직경, m
 L_{a1}, L_{a2}, L_s : 인덕턴스, H
 C_{a1}, C_{a2}, C_s : 커패시턴스, F

1. 서론

차량에서 AM/FM 라디오 방송을 수신하기 위하여 막대기 형태의 폴(pole) 안테나가 일반적으로 사용되고 있다. 이와같은 폴 안테나는 안테나 공학 측면에서 대단히 우수한 성능을 보이지만 기계적인 손상에 약하고, 외관상 미적 감각을 충족시키지 못함은 물론 차량운행시 공기 마찰에

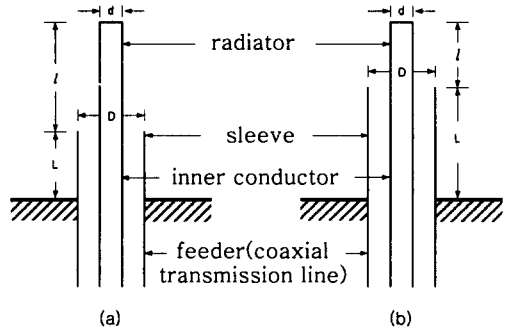
* 회원, 한라대학교 전기전자공학부

의한 소음 발생의 원인이 되고 있다. 이와같은 문제점을 개선하고자 자동차의 뒤 유리창에 프린트된 안테나(Printed On-Glass Antenna)가 1970 년대에 등장하였고, 현재는 몇몇 고급 차종에 채택되어 사용하고 있다.¹⁾

폴 안테나의 문제점을 개선하기 위한 유리창에 프린트된 안테나는 안테나의 수신 효율이 낮기 때문에 안테나에 증폭기를 설치하여 수신신호를 증폭한 후 급전선을 경유하여 라디오 수신기 등에 전송하는 능동 안테나이고, 차량의 뒷 유리에 설치되기 때문에 차량의 제조 원가 측면에서는 폴 안테나 보다 불리하다.

본 연구에서는 자동차의 윈드실드 와이퍼 암(windshield wiper arm)을 이용하여 안테나 공학 측면에서 우수한 성능을 가지는 폴 안테나와 거의 동등한 특성을 가지는 와이퍼 안테나의 설계 및 제조 기술을 개발하여 차량용 안테나와 관련된 자동차의 제조 원가를 절감하고자 한다.

작하게 된다.²⁾



l : length of radiator, L : length of sleeve
 d : diameter of radiator, D : diameter of sleeve

Fig. 1 Single sleeve monopole configuration

2.1.2 다주파수용 단일 슬리브 모노폴

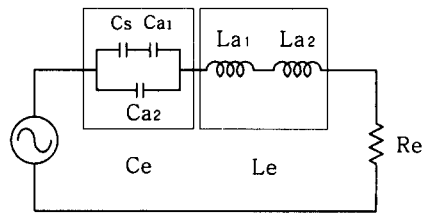
Fig. 1과 같은 단일 슬리브 모노폴에서 슬리브의 특성임피던스와 급전선(feeder)인 동축전송선의 특성임피던스를 다르게 선정하고 슬리브

2. 단일 슬리브 모노폴과 와이퍼 안테나

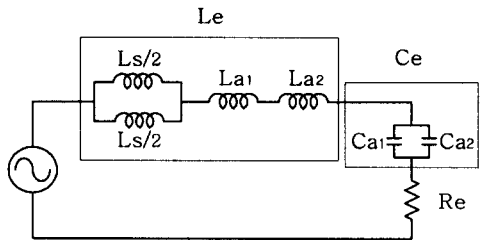
2.1 단일 슬리브 모노폴

2.1.1 광대역 단일 슬리브 모노폴

일반적으로 단일 슬리브 모노폴의 구조는 Fig. 1과 같으며, 슬리브(sleeve)의 길이는 임의로 선정할 수 있으나 슬리브 모노폴이 광대역 안테나로 동작하기 위한 최적의 설계 조건은 슬리브 모노폴의 전체 길이($L + l$)가 약 $\lambda/4$ 이고, 복사기(radiator)의 길이 l 과 슬리브의 길이 L 의 비 l/L 은 2.25, 복사기의 직경 d 와 슬리브의 직경 D 의 비 d/D 는 3.0인 경우이다. 이러한 조건을 만족하는 슬리브 모노폴은 광대역 안테나로 동작하게 된다. 즉 최적설계 조건을 만족하는 슬리브 모노폴은 SWR(standing wave ratio)을 8이하로 선정하는 경우 옥타브 대역폭(octave bandwidth)이 4정도로 되는 광대역 안테나로 동



(a) Capacitor sleeve



(b) Incuctor sleeve

Fig 2 Lumped-element equivalent circuits of the multi-frequency single sleeve monopole

브의 길이 L 을 슬리브 모노폴의 전체길이 ($l+L$)의 $1/3 \sim 2/3$ 로 선정하면 다수의 주파수대역에서 사용할 수 있는 다주파수용 단일 슬리브 모노폴로 된다. 이와같은 다주파수용 슬리브 모노폴에 대한 집중정수 등가회로는 Fig. 2와 같이 된다.

슬리브 모노폴을 사용하고자 하는 주파수에 공진 되도록 설계하면 슬리브의 구조적인 특성에 의하여 Fig. 2(a)와 같은 커패시터 슬리브 (capacitor sleeve) 모노폴 또는 Fig. 2(b)와 같은 인덕터 슬리브 (inductor sleeve) 모노폴로 교번하여 동작하게 되기 때문에 다수의 공진주파수를 갖는 다주파수용 안테나로 되며, 이 때의 공진주파수는 각각 다음식과 같이 된다.³⁾

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{(L_{a1} + L_{a2})\left(C_{a2} + \frac{C_s C_{a1}}{C_s + C_{a1}}\right)}} \quad (1)$$

$$f_l = \frac{1}{2\pi\sqrt{(L_{a1} + L_{a2} + L_s/4)(C_{a1} + C_{a2})}} \quad (2)$$

f_c : 커패시터 슬리브의 공진주파수

f_l : 인덕터 슬리브의 공진주파수

L_{a1} : 슬리브 도체의 인덕턴스

L_{a2} : 복사기의 인덕턴스

L_s : 슬리브 내부 도체의 인덕턴스

C_{a1} : 슬리브와 접지면 사이의 커패시턴스

C_{a2} : 복사기와 접지면 사이의 커패시턴스

C_s : 스텝의 커패시턴스

2.2 와이퍼 안테나

2.2.1 윈드셴드 와이퍼 암의 구조

차량용 윈드셴드 와이퍼 암(windshield wiper arm)은 Fig. 3과 같이 암 피스(arm piece), 리테

이너(retainer), 스프링(spring), 암 헤드(arm head) 등으로 구성되며, 암 헤드와 리테이너는 힌지 핀(hinge pin)에 의하여 결합되고 암 피스와 스프링은 암 헤드 훅(arm head hook)에 의하여 결합되는 구조이다.

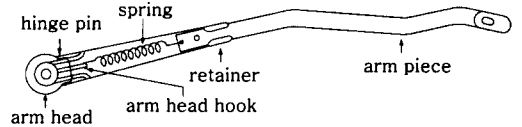


Fig. 3 Structure of the windshield wiper arm

2.2.2 슬리브 모노폴과 윈드셴드 와이퍼 암의 구조적인 대응관계

Fig. 1과 같은 슬리브 모노폴의 구조와 Fig. 3과 같은 윈드셴드 와이퍼 암의 구조를 상호 비교하면, 구조적인 면에서 Table 1과 같은 대응관계를 고려할 수 있다.

Table 1 Relations of sleeve monopole and windshield wiper arm

sleeve monopole	windshield wiper arm
raditor	arm piece
inner conductor	spring
sleeve	retainer

Table 1에서 슬리브와 리테이너의 대응관계는 리테이너의 개방된 한 쪽 단면을 도체로 막아 도체관의 형태로 한 경우로 형태면에서 슬리브와 유사하며, 전기적인 작용은 슬리브와 동일하게 된다.

3. 와이퍼 안테나의 제작 및 제원

3.1 와이퍼 안테나의 제작

차량에 사용되고 있는 AM/FM 라디오 수신용 폴 안테나는 FM 라디오 방송대역인 88MHz~108MHz의 중앙주파수인 98MHz를 기준으로 하

여 설계된 $\lambda/4$ 수직접지 안테나이기 때문에 그 길이가 약 76cm이다.¹⁾ 그러나 승용차인 쏘나타(Sonata) 등에 사용되고 있는 윈드쉴드 와이퍼 암의 길이는 약 49cm 정도로 폴 안테나의 길이와 비교할 때 상당히 짧은 길이이다. 이러한 문제점은 Fig. 1의 슬리브 모노폴의 내도체(inner conductor)를 Fig. 3의 윈드쉴드 와이퍼 암의 스프링으로 대체하면 해결된다. 이것은 스프링이 식 (2)에서 슬리브 내부 도체의 인덕턴스 L_s 의 값을 증가시키는 연장 코일의 역할을 하기 때문에 와이퍼 안테나는 Fig. 2의 (b)와 같은 인덕터 슬리브 모노폴로 동작하게 된다. 따라서 49cm의 와이퍼 암으로 제작한 와이퍼 안테나는 76cm의 폴 안테나와 전기적인 길이에서 동가로 된다.⁴⁾

또한 리테이너의 개방된 부분을 동판으로 막아 사각형의 동판 형태로 변형하면, 리테이너는 슬리브 모노폴의 원통형 슬리브와 동가로 되고, 리테이너 외부로 돌출되는 단면이 직사각형인 암피스(arm piece)는 슬리브 모노폴의 원통형 복사기(radator)와 동가로 취급할 수 있다.⁵⁾

이상과 같은 원리에 의하여 제작된 와이퍼 안테나의 구조는 Fig. 4와 같다.

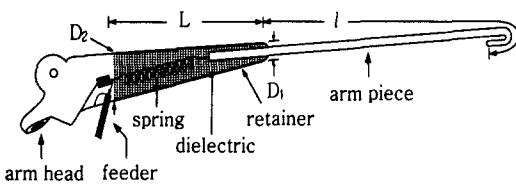


Fig. 4 Structure of the wiper antenna

실험용으로 제작된 Fig. 4의 와이퍼 안테나는 쏘나타에 사용되는 윈드쉴드 와이퍼 암을 사용하여 제작한 것으로 와이퍼 암의 구조적인 변형은 리테이너 상단부의 길이를 2cm정도 단축시킨 것과 리테이너가 슬리브로 동작하도록 리테이너의 개방된 부분을 동판으로 막은 것 외에는 와이퍼 암의 구조를 그대로 이용하였다.

상기의 구조적인 변형 외에 강철로 제작된 와

이퍼 암이 양도체로 작용하도록 순동도금을 하였으며, 슬리브 부분의 외도체와 내도체 사이의 직류적인 개방과 임피던스 정합을 위하여 슬리브의 내도체와 외도체 사이에는 폴리에틸렌 등을 사용하였다.

3.2 와이퍼 안테나의 제원

실험에 사용하기 위하여 제작한 Fig. 4와 같은 구조의 와이퍼 안테나의 제원은 Table 2와 같다.

Table 2 Specifications of the test wiper ant.

단위 : cm

l	L	D_1	D_2
24	25	1.5	2.5

4. 실험 결과

4.1 SWR 측정

제작한 안테나를 차량에 설치한 후 회로망 분석기(Network Analyzer)를 사용하여 측정한 SWR(standing wave ratio)의 결과는 Fig. 5와 같다.

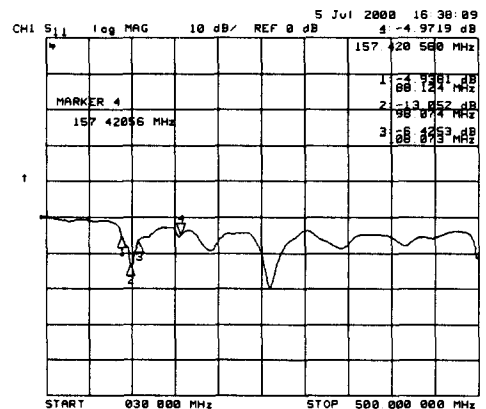


Fig. 5 Measured SWR of the wiper antenna

Fig. 5의 측정결과에서 와이퍼 안테나는 고유 공진 주파수가 98MHz 정도이고, FM 방송대역인 88MHz-108MHz에서 SWR 값이 차량용 안

테나의 기준치인 -3.5dB 이하¹⁾이므로 차량용 AM/FM 라디오 수신용 안테나로 사용 가능함을 알 수 있다.

4.2 수평면내 복사특성

주파수 98MHz를 사용하여 15도 간격으로 와이퍼 안테나의 수평면내 복사특성을 측정한 결과는 Fig. 6과 같다.

차량용 안테나는 수평면내 복사특성이 완전한 원이되는 무지향성 안테나가 이상적이지만 실제의 차량용 안테나에서는 불가능하다. Fig. 6과 같이 최대 복사전력이 얻어지는 자동차의 앞면을 기준으로 하여 최소 복사전력이 얻어지는 자동차의 후면이 -2dB 정도이기 때문에 지향성 안테나에 있어서 반치폭의 기준이 -3dB ⁶⁾인 점을 고려하면, 실험에 사용한 와이퍼 안테나는 무지향성에 준용할 수 있기 때문에 차량용 안테나로 사용 가능하게 된다.

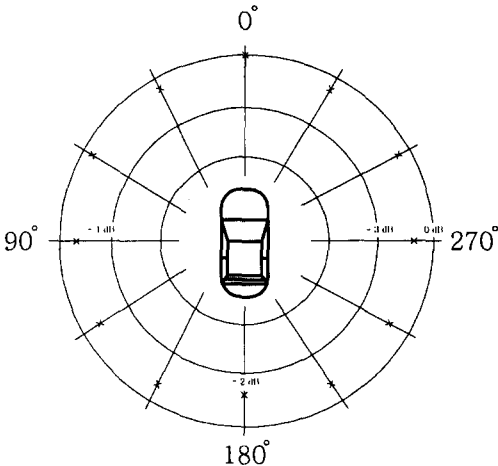


Fig. 6 Measured horizontal radiation pattern of the wiper antenna

4.3 수신전력 측정

제작한 와이퍼 안테나의 수신전력과 자동차에 설치된 기존의 폴 안테나의 수신전력을 스펙트럼 분석기(Spectrum analyzer)를 사용하여 측정한

결과는 Table 3과 같다.

Table 3 Received power of the wiper antenna and the pole antenna

	pole antenna	wiper antenna
90.3 MHz	-62.6 dBm	-63.0 dBm
93.7 MHz	-62.5 dBm	-63.0 dBm
100.3 MHz	-61.8 dBm	-61.8 dBm

Table 3의 수신전력 측정은 본 대학의 운동장에서 측정된 것이고, 수신 주파수는 강원도 원주시 및 춘천시에서 방송되는 FM 방송주파수이다

Table 3의 수신전력 측정 결과에서 보는 바와 같이 와이퍼 안테나의 수신전력은 차량용 폴 안테나의 수신전력과 비교하여 약 90% 이상의 수신율을 나타냄을 알 수 있다.

5. 결론

와이퍼 안테나는 안테나에 별도의 증폭기를 필요로 하지 않는 수동 안테나로서 소요 수신 주파수 대역에서 SWR이 -4.94 이하로 대단히 우수하고, 수평면내 복사특성도 무지향성 안테나로 준용할 수 있으며, 안테나공학 측면에서 대단히 우수한 성능을 나타내는 폴 안테나와 비교한 수신전력도 약 90% 이상의 수신율을 나타내기 때문에 차량용 안테나로 사용 가능함을 확인하였다.

또한 와이퍼 안테나는 윈드셸드 와이퍼 암에 안테나 기능을 부여한 것이기 때문에 폴 안테나의 단점인 기계적인 손상, 외관상의 미적 감각, 공기 마찰에 의한 소음 발생의 원인 등의 문제점을 해결할 수 있으며, 별도로 설치하여야 하는 폴 안테나와는 달리 윈드셸드 와이퍼 암을 설치함으로써 안테나의 설치가 완료되기 때문에 자동차 제작에 있어서 제조 원가도 절감할 수 있다. 또한 폴 안테나 대신에 사용되고 있는 뒤 유리창에 프린트된 안테나는 능동 안테나이기 때문에 안테나에 별도의 증폭기를 설치하여야 되므로 가격면에

서 고가이고, 증폭기의 별도 설치로 인한 전원 공급 등의 설치 공정이 복잡하게 되므로 자동차의 제조 원가는 상승하게 되지만, 와이퍼 안테나는 수동 안테나이기 때문에 뒤 유리창에 프린트된 안테나와 비교하는 경우에도 자동차의 제조 원가는 상당히 감소될 수 있다.

참 고 문 헌

- 1) 심재륜, "AM/FM 라디오 및 TV 수신을 위한 유리창에 프린트된 차량용 안테나의 개발", 박사학위논문, pp.1-10, 1999.
- 2) W. L. Stutzman and G. A. Thiele, "Antenna Theory and Design", John Wiley & Sons, Inc., pp.278-281, 1981.
- 3) 최광제, "다주파수용 단일 슬리브 안테나", 발명특허 제0216245호, 특허청, 1999.
- 4) A. Yoder, "Shortwave Antennas", Tab Books, pp.132-133, 1994.
- 5) J. D. Kraus, "Antennas", McGRAW-HILL, pp.369-371, 1988.
- 6) S. A. Balanis, "Antenna Theory" John Wiley & Sons, inc., pp.24-53, 1997.