

선로가 다중 로딩 된 T-DMB 수신용 차량 글래스 안테나 설계

°강우준*, 추호성*, 이선재**, 노용호**

*홍익대학교 전자전기공학부

** (주) 현대. 기아자동차 연구개발총괄본부

Multi wire-loaded on-glass antenna for T-DMB applications

°Woojoon Kang*, Hosung Choo*, Sunjai Lee**, Yongho Noh**

*School of Electronic and Electrical Engineering, Hongik University

**Corporate Research & Development Division, Hyundai · Kia Motors

E-mail: hschoo@hongik.ac.kr

Abstract

In this paper, we design a broadband on-glass antenna that consists of a main stripline and multiple loading wires. To date a disk loading scheme is frequently applied for designing small and wideband antennas. In this paper we apply the disk loading concept into the design of a planar on-glass antenna for a T-DMB application. Generally the loading effect is mitigated when the wire is used instead of the planar disk. Thus to improve the loading effect of using wires, we load multiple wires through the main stripline. The built and measured antenna performance shows the vertical gain of over -10 dBi in the operating frequency range. We also perform a field test of the proposed antenna and it exhibits a better reception success rate than a conventional monopole typed on-glass antenna.

I. 서론

최근 T-DMB 방송의 본격적 시작과 더불어 차량용 T-DMB 수신 시스템의 보급이 급격히 증가하고 있다. T-DMB 수신 시스템은 180 ~ 215 MHz 까지 약 20%의 대역폭을 사용하며 특히 차량에 장착 시에는 동작 주파수 대역을 충분히 만족시키는 소형 광대역 수신 안테나를 필요로 한다. 일반적으로 차량용 T-DMB 안테나는 단일 폴 구조가 많이 사용되고 있으나 차량 외부에 돌출되므

로 미관상 좋지 않으며 충격에 약하다는 단점이 있다 [1]. 폴 형태의 안테나가 갖는 문제점을 해결하기 위해서 차량용 유리에 단일 폴 형태의 안테나를 동박 패턴으로 인쇄한 글래스 안테나에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[2,3]. 그러나 일반적으로 사용되는 단일 폴 형태의 글래스 안테나들은 대역폭이 협소하고 복사효율이 낮아 안테나 이득이 감소하는 단점을 보인다.

본 연구에서는 단일폴 형태 글래스 안테나의 좁은 대역폭, 낮은 복사 효율 문제를 해결하기 위해 선로가 다중으로 로딩된 글래스 안테나를 제안한다. 제안된 안테나는 로딩에 의한 다수의 공진 효과를 사용하여 안테나의 광대역 특성을 개선시켰으며, 안테나에 흐르는 전류를 다중 선로에 분산시켜 안테나의 복사 효율과 이득을 향상시켰다. 제작된 안테나는 170 MHz 부터 230 MHz 까지 -10 dBi 이상의 수직 편파 이득 특성을 보여 폴 형태의 글래스 안테나보다 최저 수신 이득 대비 약 20 dB 향상된 성능을 보였다. 또한 실제 상용 차량에 장착하여 T-DMB 시스템의 수신 성공률을 측정한 결과 폴 형태의 글래스 안테나보다 약 2 배 가량 성능이 향상되어 양산 가능한 T-DMB 수신 안테나로 사용이 가능함을 확인하였다.

II. 안테나 구조 및 특성

그림 1(a)는 선로가 다중 로딩된 차량용 T-DMB 글래스 안테나의 구조를 보여준다. 소형 안테나의 협대역 특성을 개선시키기 위해 디스크가 로딩된 모노폴이 많이 사용되고 있다[4]. 이러한 디스크 로딩 효과를 중앙 선로($L_1+L_2+L_3$)에 디스크 대신 다중 선로(W_1, W_2, W_3)를 로딩 하여 평면 글래스 안테나에 적용하였다.

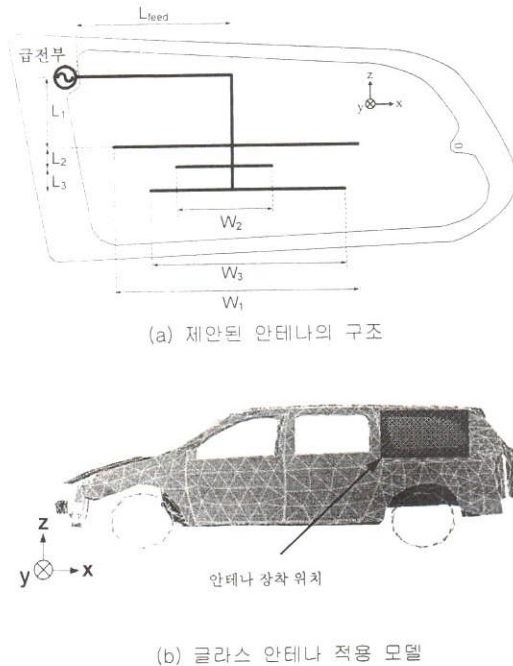


그림 1 제안된 안테나 구조와 적용 모델

로딩된 다중 선로는 중앙 선로가 T-DMB 동작 주파수 대역에서 다중 공진을 가져 대역폭 특성을 개선하도록 선로의 길이 W_1, W_2, W_3 를 설계하였다. 또한 급전선로(L_{feed})를 삽입하여 안테나의 중앙선로가 차체와 일정간격을 유지하도록 하여 image 전류에 의한 복사 효율 감쇄현상을 완화시켰으며, 다중 선로에 전류를 분산시켜 글래스의 손실탄젠트에 의한 효율 저하를 감소시켰다. 그림 1(b)는 글래스 안테나 해석에 사용될 SUV차량을 보여주며 글래스 안테나는 차량 좌측 후면에 부착된다. 안테나의 성능 예측을 위해서 FEKO EM 시뮬레이션 툴을 사용하였으며 제안된 안테나가 장착된 상용 차량의 크기는 파장 대비 약 3배

정도되므로 정확한 성능 예측을 위해서는 EM 시뮬레이션에서 반드시 차량을 포함한 안테나의 해석이 필요하다.

안테나를 구성하는 주요 설계 변수($L_1, L_2, L_3, W_1, W_2, W_3, L_{feed}$)의 최적화는 안테나 최적화 기법 중 하나인 Pareto 유전자 알고리즘과 FEKO EM 시뮬레이터를 사용하였다. 최적화 시 사용된 비용 평가 함수는 식 (1)과 같다[5, 6].

$$Cost = -\text{Min}\{G_V(f, \theta, \phi)\}$$

$$170\text{MHz} \leq f \leq 230\text{MHz}, \theta = 90^\circ, \phi = 270^\circ \quad (1)$$

Cost 는 T-DMB 주파수 대역의 주빔 방향($\theta = 90^\circ, \phi = 270^\circ$) 수직 편파 복사 이득 값이 최적화 과정에서 항상 되도록 설계되었다.

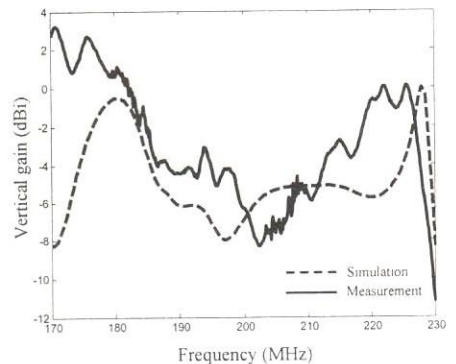
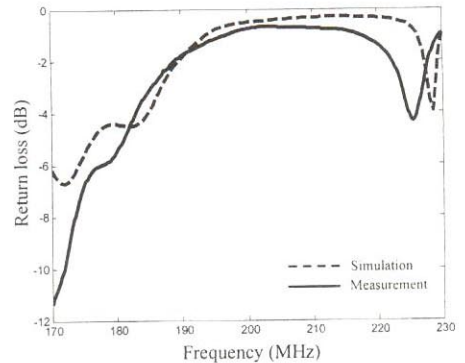


그림 2 제안된 안테나의 반사손실과 복사 이득

최적화된 안테나의 성능을 검증하기 위해 차량용 글래스에 동박 패턴으로 인쇄 후, 상용 차량에 장착하여 안테나의 성능을 측정하였다. 그림 2(a)는 제안된 안테나의 반사손실로서 시뮬레이션 값과 측정 값 모두 170 MHz 와 225 MHz 부근에서 공진이 발생하며 전체 주파수 대역에서 유사한 경향을 보인다. 그림 2(b)는 제안된 안테나의 주빔 방향 수직 편파의 복사 이득으로 측정 값과 시뮬레이션 값 모두 T-DMB 주파수 대역에서 최저 -10 dBi 이상의 이득 값을 가진다.

주파수대역에서 안테나에 유기되는 전류량을 나타낸다. 각각의 공진 주파수에서 전류의 분포를 보면 주로 유기되는 로딩 선로가 주파수에 따라 다음을 확인할 수 있다. 200 MHz보다 낮은 주파수 대역에서 W_1, W_2, W_3 에 비해 대부분의 전류가 중심선로에 유기되는 반면 200 MHz보다 높은 주파수 대역에서는 W_1, W_3 , 중심 선로에 유기되는 전류 량이 큰 차이가 없음을 확인할 수 있다.

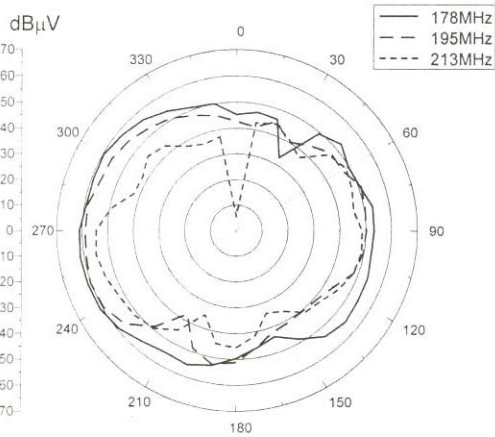
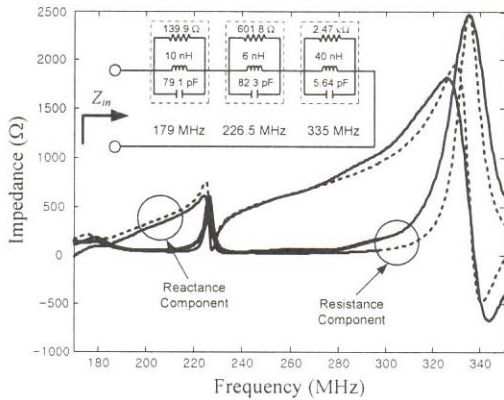


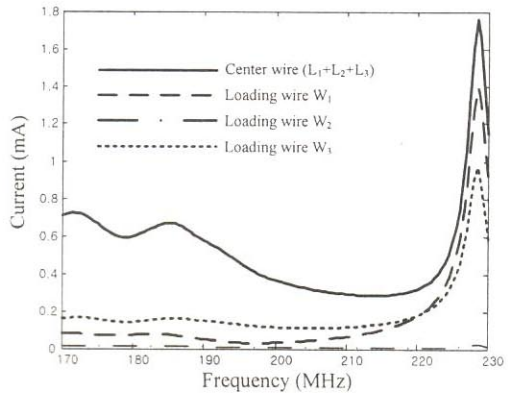
그림 3 제작된 안테나의 수신 전압 복사 패턴

그림 3 은 제작된 안테나의 수신 전압 복사 패턴 측정 값으로 측정 시 송신 단은 야기-우다 안테나(-2 dBi)에 1 mW 의 전력을 인가하였고 수신 단은 제작된 안테나를 상용 차량에 장착 후 송신 단으로부터 30 m 의 이격을 두었다. 이 때 추가적인 증폭 회로 없이 수동 안테나로만 T-DMB 방송을 시청하기 위해서는 주빔 방향에서 약 55 dB μ V 이상의 수신 전압이 인가되어야 하며, 제작된 안테나는 모든 주파수 대역에서 55 dB μ V 이상의 수신 전압을 보여 능동 회로 없이 T-DMB 수신용 글래스 안테나로 사용될 수 있음을 확인하였다.

그림 4(a)는 제안된 안테나의 동작 원리를 분석하기 위한 등가 회로 모델이며 등가 회로 모델의 임피던스 값이 안테나의 임피던스 값과 거의 일치하는 것을 알 수 있다. 제안된 안테나는 각각 179 MHz, 226.5 MHz, 335 MHz에서 삼중 공진이 발생하여 광대역 정합 특성을 가지게 된다. 그림 4(b)는 T-DMB 동작



(a) 제안된 안테나의 등가회로



(b) 주파수에 따른 안테나의 전류량

그림 4 등가 회로 및 전류 분포

마지막으로 제작된 글래스 안테나와 기존의 모노폴 글래스 안테나를 실제 차량에 장착한 후 상용 T-DMB 시스템을 이용하여 서울 시내의 강전계와 약전계 지역을 따라 주행하며 T-DMB 시스템의 동작 유무를 확인하였다. 각 구간별 글래스 안테나의 수신율은 표

1에 비교하여 나타내었다. 측정 기준은 주행 시간 동안 차량용 T-DMB 시스템에서 화면의 끊김 현상이 없이 디스플레이 된 시간의 비율을 나타낸다. 측정 결과 기존의 단일 폴 형태의 글라스 안테나는 평균 42.74%의 수신율을 보이는데 반해 제안된 글래스 안테나는 평균 86.9%의 수신율을 보여 성능이 2배 가량 개선되었음을 확인하였다.

	Monopole on-glass Ant.	Proposed on-glass Ant.
지역 1	32.0 / 53.1 (51.45 %)	47.58 / 53.1 (89.60 %)
지역 2	42.85 / 108 (39.68 %)	109.64 / 109.64 (100 %)
지역 3	7.40 / 51.12 (14.48 %)	30.72 / 38.56 (79.66 %)
지역 4	22.3 / 32.4 (68.83 %)	20.36 / 38.4 (68.83 %)
평균 수신율	42.74 %	86.9 %

표 1 지상파 DMB 수신율 비교 (sec)

IV. 결론

본 논문에서는 광대역에 유리하도록 중심 모노폴에 다중 선로를 로딩시킨 글래스 안테나를 제작하고 안테나의 성능을 측정하였다. 개발된 글래스 안테나는 설계 주파수 대역에서 -10 dBi 이상의 수직편파 이득을 가지며, 주빔 방향에서 55 dB μ V 이상의 수신 전압을 보임으로써 지상파 DMB 수신이 가능하다는 것을 검증하였다. 필드 테스트 결과 단일 폴 형태의 글래스 안테나에 비해서 2 배 이상의 수신율을 보임으로써 제안된 글래스 안테나가 양산 가능한 T-DMB 수신 안테나로 사용이 가능함을 확인하였다.

Acknowledgement

본 연구는 (주)현대·기아 자동차, (주)엔지비 지원 하에 이루어졌음.

참고문헌

- [1] D. Bolle and M. Morganstern, "Monopole and conic antennas on spherical vehicle", *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 17, no. 4, pp. 477-484, July 1969.
- [2] R. Abou-Jaoude and E. K. Walton, "Numerical modeling of on-glass conformal automobile antennas", *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 46, no. 6, pp. 845-852, June 1998.
- [3] J. C. Batchelor, R. J. Langley, and H. Endo, "On-glass mobile antenna performance modeling", *IEE Proc.*, vol. 184, no. 4, pp. 233-238, Aug. 2001.
- [4] C. H. Friedman, "Wide-band matching of a small disk-loaded monopole," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 33, pp.1142-1148, Oct. 1985
- [5] Y. Rahmat-Samii, and E. Michielssen, *Electromagnetic Optimization by Genetic Algorithms*, New York: Wiley, 1999.
- [6] <http://www.feko.info>, EM Software & System, "FEKO suit 5.2."