

# 사이드 미러용 고감도 RFID 태그 안테나의 설계

한승목\* · 김민성\*\* · 민경식†

\*, \*\* 한국해양대학교 전파공학과, † 한국해양대학교 전파공학과 교수

## A Design of RFID Tag Antenna with High Sensitivity for Car Side Mirror

Seung-Mok Han\* · Min-Seong Kim\*\* · Kyeong-Sik Min†

\*, \*\* Graduate school of National Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

† Department of Radio Science and Engineering, National Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

**요 약** : 이 논문은 차량 사이드 미러용 고감도 RFID 태그 안테나의 설계에 대해 나타내었다. 제안된 태그 안테나(154 mm × 66 mm × 1 mm)는 900 MHz에서 공진하며 690 MHz(490 MHz ~ 1180 MHz)의 넓은 대역폭을 가진다. 태그 안테나의 측정된 이득과 인식거리는 각각 5.8 dBd와 10 m 이다. 차체를 포함한 사이드미러 내부에 위치한 제안된 태그 안테나의 방사패턴과 인식거리가 전파암실에서 측정되었다. 90° 근방에서의 인식거리는 차체가 없는 제안된 안테나의 인식거리와의 비교로부터 약 1.5 m 확장된 것을 확인하였다. 제안된 태그안테나의 우수한 성능이 상용 태그안테나의 측정된 결과들과의 비교에 의해 판측되고 입증되었다.

**핵심용어** : RFID, 태그, 차량, UHF 대역, 고감도

**Abstract** : This paper presents a design of RFID(Radio Frequency Identification) tag antenna which has high sensitivity for car side mirror. A proposed tag antenna (154 mm × 66 mm × 1 mm) resonants at 900 MHz and has a wide bandwidth of 690 MHz(490 MHz ~ 1180 MHz). The measured gain and readable range of tag antenna are 5.8 dBd and 10 m, respectively. Radiation pattern and readable range of proposed tag antenna located on inside of a side mirror including a car body are measured at anechoic chamber. It has been confirmed that the readable range in the vicinity of 90° has been expanded about 1.5 m by comparison with one of proposed tag antenna without of car body. Good performance of the proposed tag antenna was observed and proved by comparison of measured results of commercial tag antenna.

**Key words** : RFID, Tag, Vehicle, UHF band, High sensitivity

## 1. 서 론

RFID(Radio Frequency Identification) 시스템이란 리더기를 통하여 방사되는 전파를 후방 산란하여 사물에 부착된 무선 태그로부터 사물의 고유 ID를 무선으로 인식하는 기술이다(Finkenzeller, 2003).

유비쿼터스 인프라 사업을 통하여 RFID 리더기를 도심지내의 가로등이나 전신주와 같은 기둥이 있는 곳, 혹은 육교나 이정표 및 시내버스 정류장 등과 같은 곳에 설치를 하고, 각 차량의 사이드미러에 RFID Tag 안테나를 부착함으로써 도난 차량의 위치를 사이버 교통정보센터와 같은 곳에서 손쉽게 파악할 수 있을 것이다. 이러한 서비스를 제공하기 위하여 차량에 부착될 RFID 태그의 위치가 고려되어지고 있으며, 전 세계적으로 차량용 RFID에 관한 많은 연구가 진행되고 있다(Pala et al., 2007; Tseng et al., 2007; Ronald et al., 1993). 또한 RFID 태그는 부착된 물체에 따라 태그의 전기적 특성이 영향을 받아 태그의 임피던스 성분이 변하게 된다. 이러한 영향은 태그의 인식

거리와 성능 저하의 요인이 되므로 부착 물체 및 태그의 설치 주변 환경을 고려하여 설계할 필요가 있다(Hirvonen et al., 2004; Foster et al., 1999).

이 논문에서는 차량에 태그를 부착하여 차량 출입 시스템에 RFID 시스템을 적용하고자 한다. 일반적으로 차량 출입 시스템에서 사용되어지는 리더기의 부착 위치는 차량이 진행하는 정면이 아닌 길의 양 바깥쪽으로 세워져 있거나 기둥에 부착되어 있는 구조가 많이 있기 때문에 태그의 부착 위치를 차량의 사이드 미러로 정하였다. 차량 사이드미러를 고려한 소형 태그 안테나를 설계하여 측정해 본 결과, 차량 사이드미러에서 동작하는 태그 안테나의 특성은 차체와의 적절한 거리가 필요하다는 결론을 얻었다(김 외, 2008; Kim et al., 2008). 제안된 태그 안테나의 크기가 사이드 미러의 내부 크기와 거의 비슷하기 때문에 태그 안테나를 사이드미러 내부의 정중앙에 부착하였다. 안테나를 차체와 사이드미러에 적용하였을 때에도 방사패턴 및 차체에 의한 영향으로부터의 특성변화가 매우 작은 고감도 태그 안테나를 설계할 수 있었다. 또한 상용태그와의 성능 및 인

\* 대표저자 : 한승목(정회원), hansm@bada.hhu.ac.kr 051)410-4921

\*\* 정회원, kmukms00@bada.hhu.ac.kr 051)410-4921

† 교신저자 : 민경식(정회원), ksmin@hhu.ac.kr 051)410-4425

식거리와 각도 등의 계산 및 측정 비교로부터 제안된 안테나의 우수성을 확인하였다.

## 2. 태그 안테나 설계

Fig. 1은 제안된 안테나의 구조를 나타낸다. 제안된 안테나는 고감도 태그 안테나를 설계하기 위해 사이드 미러의 크기를 최대한 활용하여 안테나의 이득을 높였으며, 광대역 특성을 얻기 위해 보우타이 형태로 설계하였으며, 칩의 입력 임피던스가 매우 낮기 때문에 칩과의 정합을 유리하게 하기 위해 루프형으로 설계하였다. 크기는 사이드 미러의 내부에 위치할 수 있도록 설계하였다(Balanis, 1997).

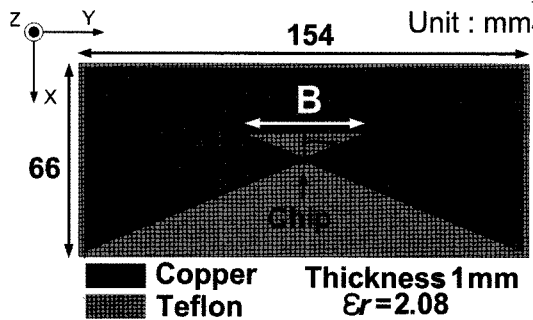
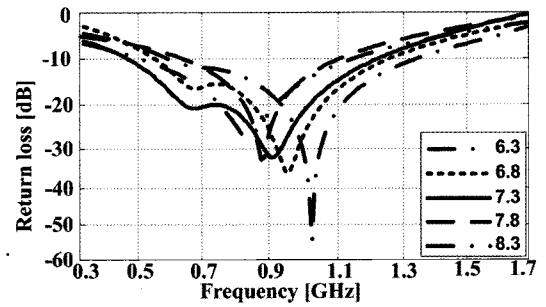


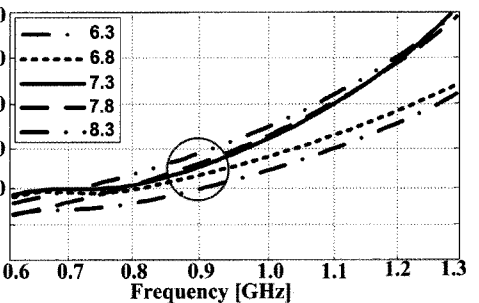
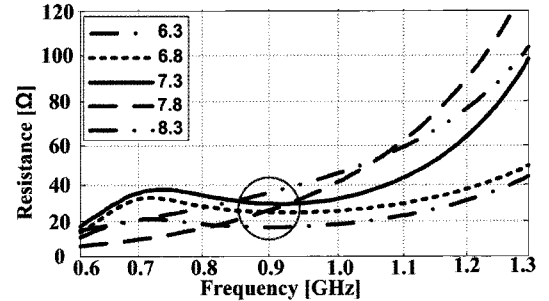
Fig. 1 Structure of proposed tag antenna.

사이드 미러의 내부에 위치시키기 위해 사이드 미러의 크기를 고려하여 태그 안테나를 Fig. 1과 같이 154 X 66 X 1 mm<sup>3</sup>의 크기로 고정하였다. Fig. 2~3은 Fig. 1에 제안된 태그 안테나의 각 파라미터에 대한 시뮬레이션 결과를 나타내었다. Fig. 2는 Fig. 1에서 나타난 태그 안테나의 슬릿의 높이 'A'의 변화에 따른 반사 손실과 입력 임피던스를 나타낸다. 그림 2(a)는 'A'의 길이를 6.3 mm에서 8.3 mm까지 변화시켰을 때의 계산된 반사 손실을 나타낸다. 7.3 mm에서 900 MHz로 공진하였으며 대역폭이 690 MHz로 다른 파라미터의 경우보다 넓은 것을 확인할 수 있다. 900 MHz에서 반사손실은 약 -37 dB이며, 7.3 mm를 슬릿의 높이로 정하였다. 그림 2(b)는 'A'의 길이에 따라 변화되는 입력 임피던스이며, 입력 저항이 칩의 임피던스(16 - j131 Ω)와 정합이 될수록 공진 특성이 양호한 것을 확인하였다. 또한 900 MHz에서 'A'가 변화더라도 임피던스에는 큰 영향을 주지 않는다. 이것은 제작에서 발생하는 'A'의 길이 변화에 대한 민감도가 작다는 것을 의미한다. 즉, 제작상의 자유도가 높은 것을 알 수 있다.

Fig. 3은 그림 1에서 나타난 제안된 태그 안테나의 슬릿의 가로 길이 'B'의 변화에 따른 반사 손실을 나타낸다. 'A'의 길이를 7.3 mm로 고정시키고 'B'의 길이를 30 mm에서 50 mm까지 변화시켜 가면서 시뮬레이션을 하였다. 40 mm에서 900 MHz에 공진하였고 약 -34 dB의 반사손실이 계산되었다. 'B'의 길이를 늘이면 전기적 길이가 늘어남으로써 파장이 길어져 공진주파수는 저주파로 이동하고 반사특성은 나빠지는 것을 확인하였다.



(a) Return loss by A variation.



(b) input impedance by A variation.

Fig. 2 Return loss and input impedance by A variation.

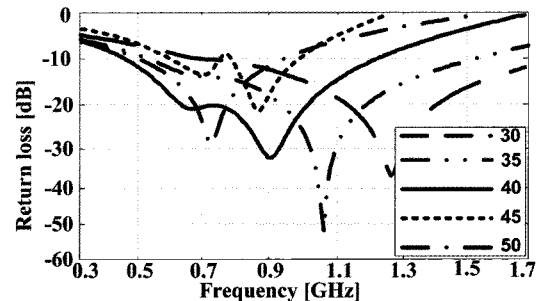


Fig. 3 Return loss by B variation.

## 3. 실험 결과 및 토론

Fig. 4는 태그의 파라미터들을 최적화하여 계산된 값(16 + j131 Ω), 측정을 위하여 동일한 태그의 입력 임피던스를 50 Ω으로 하여 계산된 반사손실과 50 Ω 포트에 측정된 반사 손실을 나타낸다. 또한 16 + j131 Ω으로 설계한 태그의 계산이 타당하다는 것을 입증하기 위하여, 50 Ω 포트를 사용하여 측정된 각각의 주파수에서 얻은 임피던스를 변환하여 계산된 값과 비교하였다. 임피던스 변환계산식을 이용하여 선택한 주파수에서

의 반사손실을 구하여 그래프로 나타내었다(Son, et al., 2005). 이것이 50 Ω으로 측정된 임피던스의 변화에 의한 반사손실 그래프이다. 900 MHz 대역에서의 반사손실 값이 매우 유사함을 확인하였다. 따라서 태그 안테나에 실제로 칩을 적용하여도 UHF 대역 RFID 태그로써 잘 동작한다는 것을 재확인하였다.

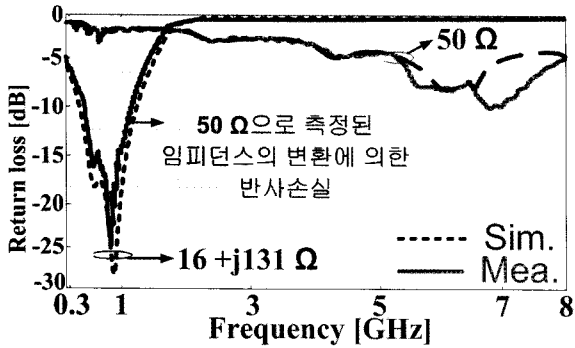
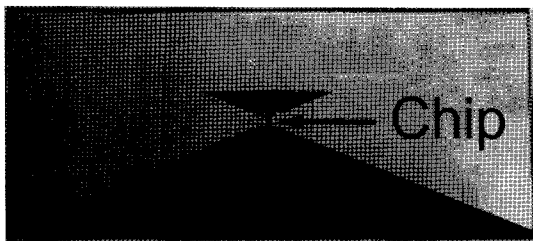
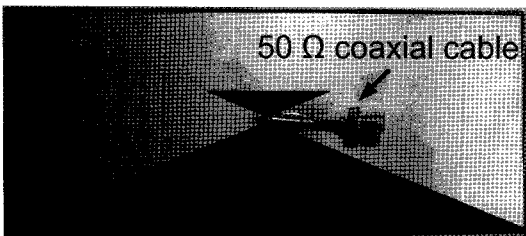


Fig. 4 Comparison between calculated and measured return loss

Fig. 5는 제안된 태그 안테나의 인식거리와 방사패턴을 측정하기 위해 칩을 부착시킨 태그 안테나(좌)와 50 Ω포트를 사용하여 제작된 태그 안테나의 사진이다.



(a) Chip

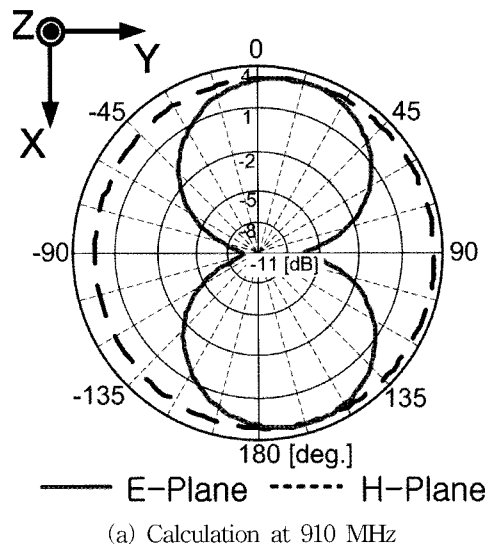


(b) 50 Ω port

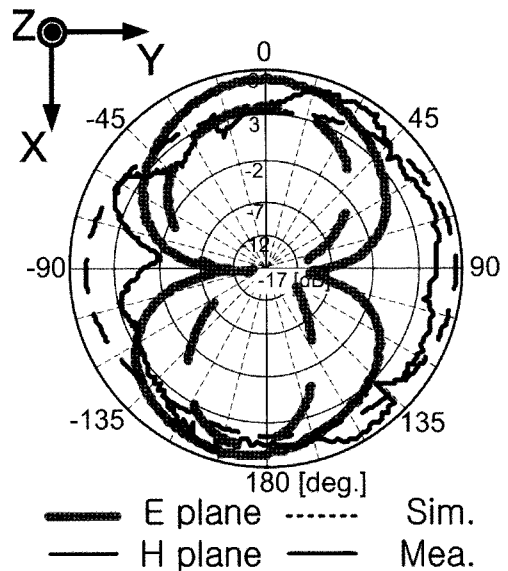
Fig. 5 Fabricated tag antenna

Fig. 6은 시뮬레이션으로부터 구해진 방사패턴(910 MHz(a), 710 MHz(b))과 전파양실에서 50 Ω 포트를 사용하여 태그 안테나를 측정된 태그 자체의 방사패턴을 나타낸다. 칩 임피던스를 고려하여 안테나의 입력 임피던스 16 + j131 Ω을 사용하여 계산된 방사패턴(@910 MHz)과 50 Ω 포트를 사용하여 계산 및 측정된 방사패턴(@710 MHz)을 비교하였다. 태그 자체의 방사패턴은 일반적인 반파장 다이폴 안테나의 패턴과 동일하였

다. 그리고 계산된 값과 측정된 값은 유사한 패턴을 보이며 잘 일치하였다.



(a) Calculation at 910 MHz



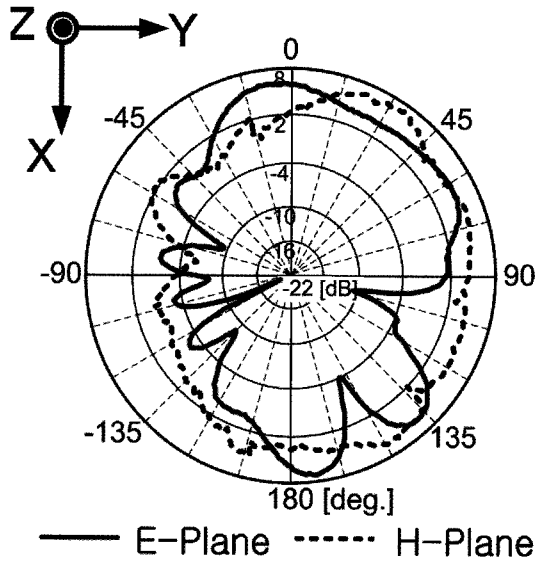
(b) calculation and measurement at 710 MHz

Fig. 6 Comparison of calculated radiation pattern(a) and calculated and measured radiation patterns(b) with 50 Ω port

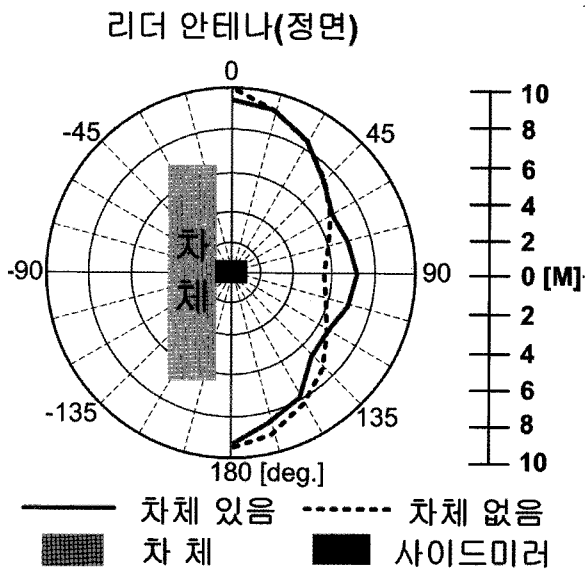
Fig. 5(a)의 설계 · 제작한 태그의 인식거리를 RFID 리더기 (9800 Reader System, Alien)를 사용하여 측정하였으며, 평균 인식거리는 0°에서 10 m로 측정되었다. 사이트 미러 내에 제안한 태그 안테나를 부착하고 또한 차체를 사용하였을 때의 방사패턴과 인식거리를 측정하여 그 값들을 Fig. 7에 나타내었다. 차체와 사이트미러의 영향으로 약간의 리플이 생기지만 전체적인 패턴의 모양은 Fig. 7(b)와 유사함을 확인할 수 있다.

인식각도에 따른 인식거리를 Table 1에 나타내었다. 차체가

있을 때의 인식거리는 차체가 없이 사이드 미러 내부에 태그 안테나를 부착하여 측정한 인식거리보다 0°에서 약 60 cm 짧아졌다. 이것은 차체에 의한 공진 주파수가 저주파수로 이동되어 반사손실이 나빠지기 때문이다(김 외, 2008; Kim, et al., 2008). 하지만 Fig. 7(a)를 Fig. 6(a)와 비교하여 보면 송신된 신호가 차체에 의해서 반사되고 같은 위상을 가진 신호가 수신되어 차체에 의해서 90° 부근에서는 이득이 약 2 dB로 증가함을 방사 패턴으로 확인할 수 있다. 또한 90° 방향에서 이득이 증가함으로써 사이드 미러 내부에 태그 안테나를 부착하여 측정한 인식거리가 약 1.5 m 더 길어지는 것을 확인하였다.



(a) Measured radiation pattern with car body(710 MHz)



(b) comparison of readable range between with and without car body

Fig. 7 Radiation pattern with car body and comparison of readable range

Table 1 Readable range of tag antenna(up : without car body, down : with car body)

각도(°)	0	15	30	45	60	75
거리(m)	9.9	9.2	8.5	7.5	6.7	6
90	105	120	135	150	165	180
5.5	5.9	6.5	7.5	8.2	8.9	9.5

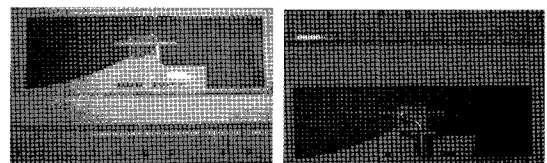
  

각도(°)	0	15	30	45	60	75
거리(m)	9.3	9	8.5	7.4	6.8	7
90	105	120	135	150	165	180
7.3	6.9	6.5	6.7	7.9	8.5	9

본 논문에서 제안한 태그 안테나는 차량의 사이드 미러 내부에 위치시켰을 때, 최대 인식거리와 인식각도를 얻기 위해 크기를 일반 상용태그보다 크게 한 결과, 예상대로 이득 및 인식거리가 증가되었다. 안테나만의 자체 최대 이득은 약 5.8 dBd였으며, 차체에 적용하였을 때 약 7.8 dBd를 확인하였다. 또한 태그가 사이드 미러 내부의 정중앙에 위치하고, 태그의 크기가 크기 때문에 인식거리는 차체가 없이 사이드 미러 내에 부착되어 있을 때와 거의 비슷하였으나 90° 방향에서 인식거리가 차체가 없을 때보다 약 1.5 m가 더 긴 것을 실험적으로 확인하였다.

#### 4. 상용 태그의 성능 측정 및 비교

Fig. 8(a)는 A사에서 제작하여 사용되고 있는 상용태그(2007, 1800073-001)의 사진이고 Fig. 8(b)는 측정을 위해 50 Ω 포트를 부착한 상용태그의 사진이다.



(a) Chip (b) 50 Ω port

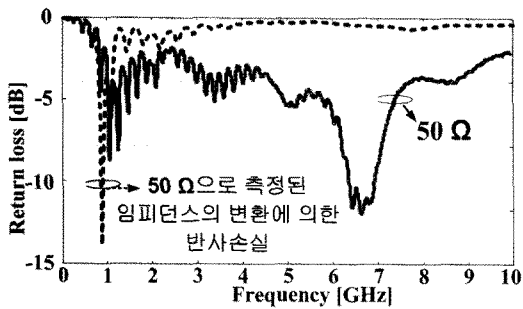
Fig. 8 Commercial tag

제안한 태그를 차체에 적용했을 때 확인한 방사패턴의 타당성을 확인하고, 우수한 성능을 제시하기 위해 상용태그가 사이드미러 내부에 부착되었을 때의 방사패턴 특성을 분석하였다. A사의 상용태그의 크기는 99 mm × 32 mm × 0.15 mm 이고 방사패턴 측정을 위하여 Fig. 8(b)와 같이 상용태그에 50 Ω 포트를 부착하였다. 반사손실과 방사패턴을 측정하여 그 값을 Fig. 9에 나타내었다.

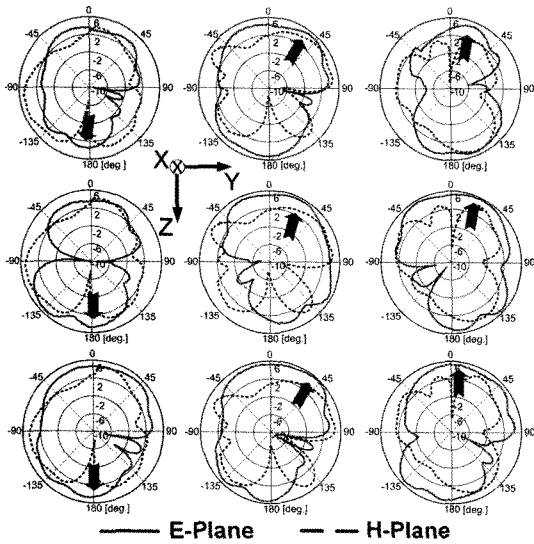
Fig. 9(a)는 상용태그에 50 Ω 포트를 부착하고 측정하여 얻은 반사손실을 나타내며, 1.1 GHz에서 최초 공진하였다. 또한 50 Ω 포트를 이용하여 임피던스를 측정하고 이를 임피던스 변환 계산식을 이용하여 16 + j131 Ω으로 설계한 안테나의 임피던스로 변환을 한 것이 Fig. 9(a)에 나타나있다. 예를 들면, 50

Ω으로 측정된 910 MHz에서의 임피던스  $10.9 + j130.8 \Omega$ 을  $16 + j131 \Omega$  변환하여 910 MHz에서의 반사손실을 구하면 -14.5 dB가 나온다. 하지만, 6.5 GHz에서의 임피던스  $22.2 + j20.2$ 을 변환하면 6.5 GHz에서 반사손실이 -0.47 dB가 나온다. 이것은 리액턴스 성분의 영향으로 인한 반사손실이 커짐으로써 50 Ω 측정에서는 -13 dB가 얻어지나 안테나의 임피던스  $16 + j131 \Omega$ 으로 변환하면 0 dB에 가까운 반사손실을 가지게 된다. 위와 같은 방법으로 임피던스 변환을 한 결과, Fig. 9(a)와 같은 반사손실 값을 확인하였다. 임피던스 변환으로부터 얻은 -10 dB이하의 상용태그의 대역은 901 MHz ~ 925 MHz로 약 24 MHz의 좁은 대역폭을 가진다.

본 논문에서 제안된 태그 안테나와 사이드미러 내부의 태그 부착 연구의 타당성을 실험적으로 증명하였다. 참고문헌(김 외, 2008; Kim, et al., 2008)에서 제안한 결과와 같이 차체와 가까이 있을수록 도체의 영향을 받아 0° 부근에 영점(null)이 생기고 차체와 떨어짐에 따라 상용태그도 참고문헌(김 외, 2008; Kim, et al., 2008)과 같이 차체의 영향이 거의 없는 독립적인 방사패턴을 가지며 -Z축으로 지향성이 생김을 확인하였다. 따라서 차량의 사이드미러 내부에, 제안된 태그뿐만 아니라 상용태그를 부착하더라도 리더와의 통신에 문제가 없을 것으로 사료된다. 다만 인식거리와 인식각도의 측면에서는 제안한 안테나가 매우 우수한 특성을 보였다.



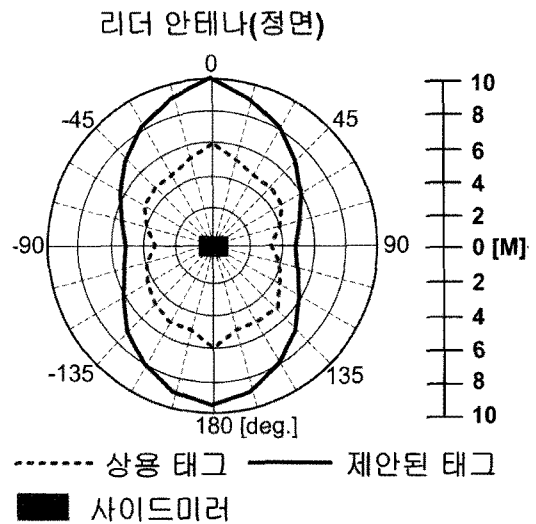
(a) Return loss



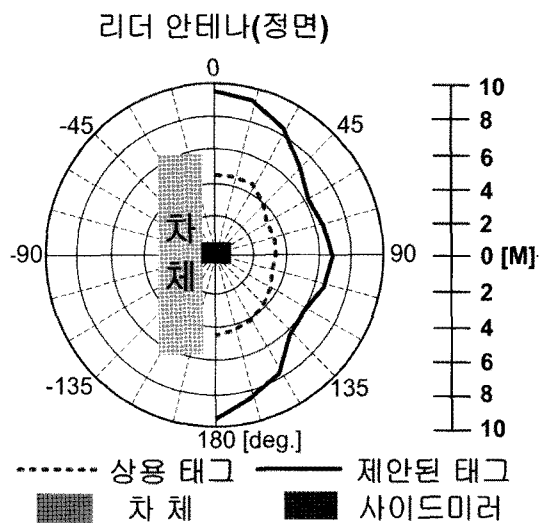
(b) Measured radiation patterns of a commercial tag placed at inside of side mirror

Fig. 9 Measured results of a commercial tag

Fig. 9 (b)는 최초 공진점인 1.1 GHz에서 측정된 방사패턴을 나타낸다. 상용 태그의 크기가 제안된 안테나의 크기에 비해 약 1/3 정도의 크기이기 때문에 사이드 미러 내부 9곳의 위치에서 방사패턴을 확인하였다. 태그 자체 이득은 3.6 dBd, 차체를 적용하였을 때 5.5 dBd로 측정되었다. 또한 태그의 크기로 인해 이득은 제안된 태그보다 약 2 dB 정도 작았다. 전체적으로 상용 태그의 방사패턴은 제안된 안테나와 유사한 모양을 가지며,



(a) Comparison of readable range without car body



(b) Comparison of readable range with car body

Fig. 10 Comparison of readable range between commercial tag antenna and proposed tag antenna

Fig. 10은 상용 태그를 위와 동일한 리더기로 측정한 인식거리와 제안한 태그의 인식거리를 비교하여 나타낸 것이다. 상용

태그의 인식거리는 정면방향(0°)에서 최대 6 m로 제안된 안테나보다 거리가 약 4 m 짧은 것을 측정으로부터 확인하였다. Fig. 10(a)로부터 알 수 있는 것처럼 차체가 없이 사이드 미러 내부에 태그를 장착하여 인식거리를 측정한 것을 살펴보면, 각도에 따라 거리의 차이가 1.7 ~ 4 m까지 났다. 또한 Fig. 10(b)는 차체와 사이드 미러가 모두 있을 때 0°에서 180°까지의 인식거리를 측정한 데이터이다. 인식거리의 패턴은 제안한 태그 안테나와 상용태그 모두가 차체의 영향을 받는 것을 알 수 있다. 특히 90° 방향에서 제안된 태그 안테나의 인식거리가 Fig. 10(a)보다 약 2 m 이상 향상되는 특성을 보였다.

### 5. 결 론

본 논문에서는 차량의 사이드 미러에 적용하기 위한 고감도 태그 안테나의 설계를 제안하였다. 제안된 태그 안테나(154 mm × 66 mm × 1 mm)는 16 + j131 Ω의 입력 임피던스를 가지도록 설계하였으며, 900 MHz에서 공진하였고, 대역폭은 690 MHz(490 MHz ~ 1180 MHz), 이득은 5.8 dBd이다. 제안된 안테나를 사이드 미러 내부에 장착하고 차체를 고려한 경우와 그렇지 않은 경우의 특성에 대해 살펴보았다. 인식각도 90° 부근에서 차체에 의한 영향으로 이득이 상승하고 인식거리가 약 1.5 m 더 길어지는 좋은 성능을 확인하였고 다른 인식각도에서의 인식거리도 약간의 차이는 보였으나 차체가 없을 때와 거의 일치하였다. 태그 자체의 인식거리는 평균 10 m이고, 차체에 적용하였을 때에도 평균 측정된 인식거리는 9.3 m로 확인되었다. 상용태그와 비교하여 보면, 제안된 태그 안테나는 정면 방향에서 상용태그의 측정거리 6 m보다 약 4 m정도 더 긴 인식거리를 보였다.

### Acknowledgement

본 연구는 Post-BK21 사업 및 중소기업청과 부산광역시 지원하는 2008년도 산학연 공동기술개발 컨소시엄 사업 지원으로 이루어졌습니다.

### 참 고 문 헌

[1] 김민성, 민경식(2008), "UHF 대역 소형 RFID Tag 안테나의 설계", 2008년도 추계 마이크로파 및 전파 학술대회 논문집, 한밭대학교, pp. 132, vol. 31 No. 2.

[2] Balanis, C. A.(1997), "Antenna Theory Analysis and Design", John Wiley & Sons.  
 [3] Finkenzeller, K.(2003), "RFID Handbook" West Sussex England, Wiley.  
 [4] Foster, P. R., Burberry, R. A. (1999), "Antenna problems in RFID system", RFID Technology(Ref. No. 1999/123) IEE.  
 [5] Hirvonen, M., Pursula, P., Jakkola, K. and Laukkanen, K. (2004), "Planar inverted-F antenna for RFID", Electron, Letter, vol. 40, no. 14, pp. 848-850.  
 [6] Kim, M. S., Min, K. S. and Park, D. H. (2008), "Directivity Design of RFID Tag Antenna Using Side-view Mirror for Vehicle", Microwave Conference, APMC 2008, Asia-Pacific.  
 [7] Pala, Z., Inanc, N.(2007), "Smart Parking Applications Using RFID Technology," RFID Eurasia, 2007 1st Annual, pp. 1-3 5-6.  
 [8] Ronald, F. C.(1993), "Smart card applications in integrated transit fare, parking fee and automated toll payment systems the maps concept", Telesystems Conference, 1993. 'Commercial Applications and Dual-Use Technology', Conference Proceedings., pp. 21-25, 16-17.  
 [9] Son, H. W., Choi, W. G. and Pyo, C. S. (2005), "UHF RFID Tag Antenna techniques," The journal of Korea Electromagnetic Engineering Society, vol. 16, no. 2, pp. 55-63.  
 [10] Tseng, J. D., Wang, W. D., Ko, R. J.(2007), "An UHF Band RFID Vehicle Management System," Anti-counterfeiting, Security, Identification, 2007 IEEE International Workshop, pp. 390-393, 16-18.

---

원고접수일 : 2008년 11월 10일  
 심사완료일 : 2008년 12월 24일  
 원고채택일 : 2008년 12월 26일