

RFID 태그용 루프형 다이폴 안테나의 지향성 설계

김민성* · 민경식†

* 한국해양대학교 전파공학과, † 한국해양대학교 전파공학과 교수

A Directivity Design of Loop Type Dipole Antenna for RFID Tag

Min-Seong Kim* · Kyeong-Sik Min†

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

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

요 약 : 이 논문은 차량용 사이드 미러에 적합한 광대역 RFID 태그안테나를 설계하고, 차체에 의한 지향성의 특성을 제시한다. 제안된 태그 안테나는 인식거리와 광대역 특성을 향상시키기 위해 대칭 구조로 설계되었다. 제안된 태그 안테나(30 mm × 24 mm × 1 mm)는 910 MHz에서 공진하며 대역폭은 780 MHz(540 MHz ~ 1320 MHz)를 가진다. 칩 임피던스는 $16 - j131 \Omega$ 이고, 상용 칩의 복소 공액 임피던스가 태그 안테나의 설계에 사용되었다. 제안된 태그 안테나는 차량의 사이드 미러의 내부에 위치한다. 사이드 미러의 유전율뿐만 아니라 차체(도체)에 대한 태그 안테나의 효과를 평가하기 위해, 지향패턴 측정과 인식거리가 계산되고 측정되었다. 차량용 RFID 시스템을 위한 최적의 위치가 사이드 미러 내부에서 관측되었으며, 계산된 결과들은 측정된 결과들과 잘 일치하였다.

핵심용어 : 무선인식, 태그, 지향성, 차량, 다이폴, 루프

Abstract : This paper presents a design of RFID(Radio Frequency Identification) tag antenna which is available for a vehicle's side mirror and directivity characteristics by car body. The proposed tag antenna is designed symmetrical structure to improve the broad bandwidth characteristic and the readable range. A proposed tag antenna(30 mm × 24 mm × 1 mm) has resonant frequency at 910 MHz and bandwidth is 780 MHz (540 MHz ~ 1320 MHz). The chip impedance is the $16 - j131 \Omega$ and the complex conjugate impedance of commercial chip has been used for tag antenna design. In order to evaluate effects of tag antenna for side view mirror's permittivity as well as car body(conductor), radiation pattern characteristics and readable range have been calculated and measured. The optimized position for a vehicle's RFID system has been observed in the inside of a side mirror and the calculated results show good agreement with the measured results.

Key words : RFID, Tag, Directivity, Vehicle, Dipole, Loop

1. 서 론

일반 무선 통신 시스템의 저가격화와 기술 발전에 따라, RFID 시스템은 실생활뿐만 아니라 물류 정보 시스템 및 아파트 게이트 출입과 같은 거대 시장을 형성할 수 있는 분야로까지 그 활용범위가 증가하고 있는 실정이다. 또한 RFID 시스템은 항만 · 물류 분야뿐만 아니라 운송 분야에서도 크게 영향을 미칠 것으로 예측된다. 무선 인터넷 망(WiBro)과 연동하는 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. 도로에서의 교통 정보를 제공할 수 있고, 긴급한 상황이 발생하였을 경우나 이동을 요구할 경우에 적절한 대처를 할 수 있도록 안내를 제공하고, 고속도로 요금 징수를 무인으로

함으로써 경제적 이익을 발생시키고 게이트 통과 시간을 단축시켜 사회적으로 많은 이익과 편의를 기대할 수 있다. 그 외에도 우리나라와 같이 아파트나 맨션 등과 같이 집약적 주거 환경에도 RFID 시스템은 매우 주요한 수요처가 될 것이며, 아파트 차량 출입 및 주차 위치 정보 제공과 차량 도난 방지 및 방범의 역할도 기대된다. 이러한 서비스를 제공하기 위하여 차량에 부착될 RFID 태그의 위치가 고려되어지고 있으며, 전 세계적으로 차량용 RFID에 관한 많은 연구가 진행되고 있다(Pala and Inanc, 2007; Tseng et al., 2007; Ronald and Cunningham, 1993).

세계적으로 태그에 사용되는 칩은 IC 기술의 발달로 인하여 초소형화되고 있는데 반해, 안테나는 파장에 따라 물리적인 크기가 결정되므로 소형화에 어려움이 있다. 따라서 RFID 태그 안테나는 폴딩형 다이폴 안테나, 스파이럴 안테나와 같은 선형 안테나가 주로 이용되어져 왔다(조 외, 2005). 또한, 루프 안테나를 이용한 RFID 태그용 안테나도 연구되어져 왔으며, 루프

* 대표저자 : 김민성(정회원), kmukms00@bada.hhu.ac.kr, 051)410-4921

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

안테나를 소형화하기 위해 fractal 구조, Hilbert curve, 루프 내 미앤더라인 등을 적용하여 안테나를 소형화하는 연구들이 행해져 왔다(Hassan et al., 2003). 또한 소형화에 의한 이득 감소, 대역폭 감소 등 소형화 설계시에 발생하는 문제점의 해결과 소형화 및 광대역화 기법에 대한 연구가 많이 진행되고 있다(Andrey, 2005; 임 외, 2005).

차량에 태그를 부착할 수 있는 위치는 번호판, 전면유리창 등 여러 곳이 있겠지만 일반적으로 차량 출입 시스템에서 사용되는 리더기의 부착위치는 정면이 아닌 차체의 양쪽으로 세워져 있거나 부착되어 있는 구조가 많이 있기 때문에 태그의 부착 위치를 차량의 사이드 미러로 정하였다. 먼저 차량 사이드미러를 고려하여 소형 태그 안테나를 설계하였다. 제안된 태그 안테나는 대칭 루프형의 구조를 가지고 다이폴 안테나의 특성을 가진다. 차량 사이드미러를 이용하여 UHF대역 태그를 부착하였을 때의 방사패턴 및 차체에 의한 영향과 특성변화에 대하여 논하고자한다.

2. 태그 안테나 설계

Fig. 1은 제안된 대칭 루프형 구조의 태그 안테나를 설계한 모델을 나타낸다. 그라운드가 없는 안테나에서 대칭구조를 가짐으로써 대역폭이 늘어나는 특성을 이용하여 루프 안테나를 대칭적으로 설계하였다.

루프안테나는 일반적인 다이폴 안테나와 크기를 비교해 보면(이 외, 2005; 박 외, 2008; 손 외, 2005) 크기가 작고 낮은 임피던스를 가지므로 태그의 칩 임피던스와의 정합에 유리한 반면에 방사 이득이 매우 낮아 인식거리가 짧은 단점이 있다(Balanis, 1997; Choo et al., 2007). 따라서 제안된 안테나는 루프 구조를 취함으로써 칩 임피던스와의 정합을 유리하게 함으로써 광대역 특성을 얻고, 다이폴 안테나의 구조설계로부터 전체지향성을 가지며 루프안테나에 비해 고이득을 얻음으로써 인식거리를 개선할 수 있었다.

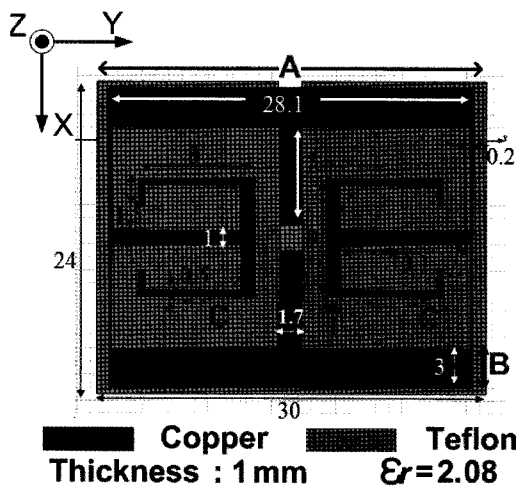


Fig. 1 Proposed tag antenna structure with symmetrical loop type

Fig. 2~4는 Fig. 1에 제안된 태그 안테나의 각 파라미터에 대한 시뮬레이션 결과를 나타내었다. Fig. 2는 태그 안테나의 가로 길이 'A'의 변화에 따른 반사 손실 특성 결과를 나타낸다.

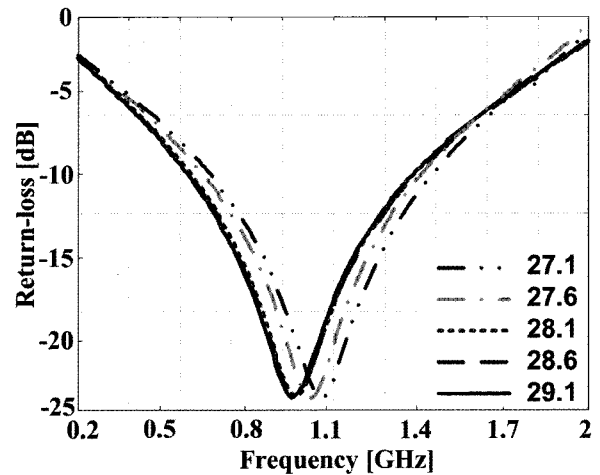
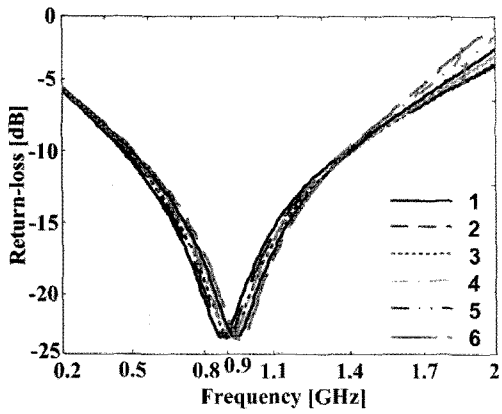


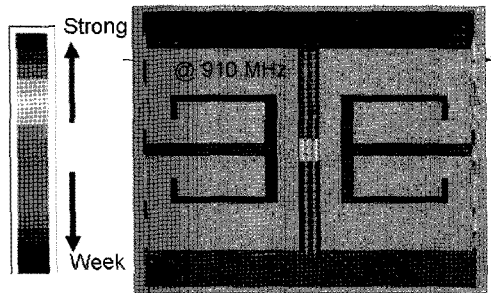
Fig. 2 Return loss by A variation

안테나의 전체 길이를 늘려 주면 전기적 길이가 늘어남으로써 파장이 길어져 저주파수 대역으로 공진 주파수가 이동한다. 하지만 Fig. 2로부터 알 수 있는 것처럼 'A'의 길이가 28.1 mm부터는 그 변화가 매우 미세한 것을 확인할 수 있다. 따라서 본 설계에서는 28.1 mm를 A의 길이로 설정하였으며, 910 MHz에 공진하였고 약 -24 dB의 반사 손실을 구할 수 있었다.

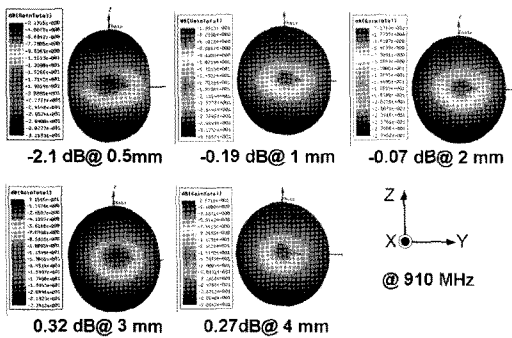
Fig. 3은 태그 안테나의 위와 아래 선로 폭 'B'의 변화에 따른 반사 손실과 방사패턴 및 이득 결과를 나타낸다. Fig. 3(a)에서 알 수 있는 것처럼 'B'는 반사 손실과 공진 주파수에는 크게 영향을 주지 않는 것을 확인할 수 있다. Fig. 3(b)는 선로의 폭 'B'가 3 mm일 때, 910 MHz에서 흐르는 전류의 세기와 방향을 보여주고 있다. Fig. 3(b)에서 'B'의 폭을 변화시켜 전류가 흐르는 세기를 조절할 수 있으며 'B'의 폭이 넓어짐으로써 'B'에 흐르는 전류가 약해지고 대칭적으로 전류가 흐르기 때문에 상하의 넓은 폭을 가진 'B'부분의 전류가 서로 상쇄되어 가운데와 양쪽의 수직소자로 강한 전류가 흐르게 된다. 따라서 제안된 안테나는 직선 편파를 가지는 다이폴 안테나로 동작한다. 또한 'B'로 표시된 선로의 폭이 넓어지면 Fig. 3(c)와 같이 태그 안테나의 편파를 직선편파로 만들고 등가적으로 태그의 면적을 넓혀주는 효과로부터 이득이 상승하여 최대 이득을 0 dB 이상으로 향상시킬 수 있음을 확인하였다. 그리고 Fig. 3(c)로부터 알 수 있는 것처럼 'B'가 3 mm 일 때 이득이 0.32 dB로 4 mm 일 때의 0.27 dB보다 양호한 결과를 얻었다. 이 결과를 근거로 B의 폭은 3 mm로 정하였다.



(a) Return loss by B variation



(b) Current distribution by B variation



(c) Radiation pattern and maximum gain by B variation

Fig. 3 Calculated results by B variation

Fig. 4는 Fig. 1에서 보여준 루프 안에 임피던스 매칭소자(C, C')의 길이를 대칭적으로 변화시켰을 때의 반사손실의 계산 결과를 나타낸다. 'C'와 'C''의 길이를 1 mm 에서 38.1 mm 까지 변화시켰을 때의 반사 손실이다. 추가적으로 안테나 루프 안에 임피던스 매칭소자(C, C')를 대칭적으로 도입함으로써 인덕턴스 성분과 커패시턴스 성분을 자유로이 조절할 수 있다. 전류의 흐름을 서로 상쇄시켜 방사패턴에 영향을 주지 않으면서도 임의의 칩 임피던스에 쉽게 정합될 수 있도록 설계하였다. 또한 안테나의 전체 크기를 유지하면서 'C'와 'C''부분의 크기 조절로부터 미세하게 공진주파수를 조절할 수 있도록 설계하였다. 이때 공진주파수가 일정하게 내려가는 것이 아니라 'C'와 'C''의 길이가 약 3 mm 주기로 공진 주파수가 조금씩 저주파수 대역으로 이동되는 것을 확인할 수 있다. 따라서 'C'와 'C''를 910 MHz에서 공진하는 38.1 mm로 정하였다.

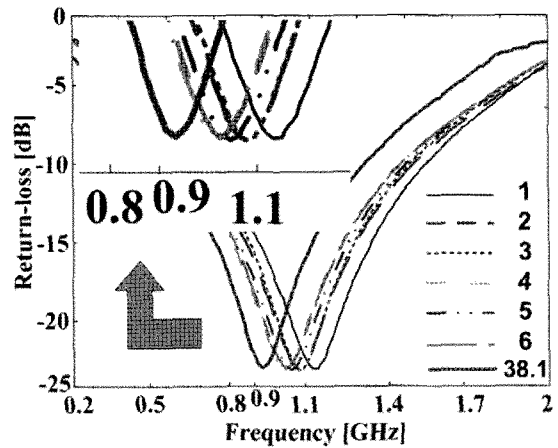


Fig. 4 Return loss by C variation

3. 실험 결과 및 토론

Fig. 5는 태그의 파라미터들을 최종적으로 조절하여 칩 임피던스($16 - j 131 \Omega$)를 고려하여 계산한 값과 측정을 위하여 동일한 태그의 입력 임피던스를 50Ω 으로 하여 계산한 값 그리고 50Ω 포트를 사용하여 측정된 반사손실의 값을 나타낸다. 910 MHz에 공진하는 태그 안테나를 50Ω 입력 임피던스를 적용하여 계산하고, 그 값을 50Ω 포트를 사용하여 측정된 값과 비교하였다. 또한 계산과 측정의 타당성을 재확인하기 위해 Fig. 1의 안테나를 50Ω 포트를 사용하였을 경우 계산 값은 3.95 GHz에서 공진하였고 측정 값은 3.97 GHz에서 공진하였다. 50Ω 포트를 사용하여 측정된 값을 스미스차트를 이용하여 각 주파수에서의 임피던스를 확인하였다.

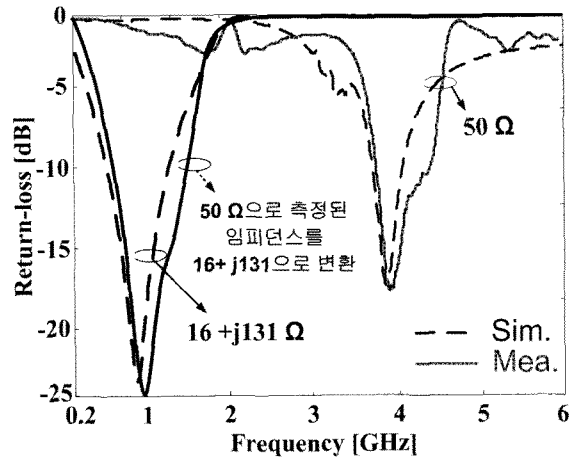


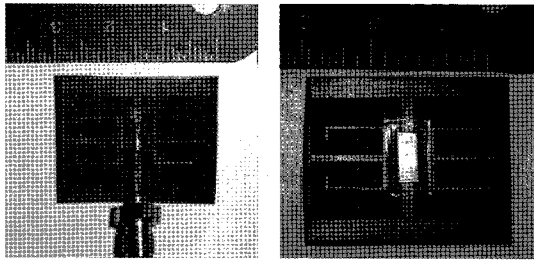
Fig. 5 Comparison between calculated and measured return loss

임의의 한 주파수를 선택하여 그 주파수에서의 임피던스를 임피던스 변환계산식을 이용하여 변환하고자하는 임피던스를 대입하여 선택한 주파수에서의 반사계수를 구할 수 있다. 이 반사계수를 사용하여 반사손실 계산식에 대입하면 선택한 주파수에서의 반사손실을 구할 수 있다(손 외, 2005). 50Ω 포트로 측

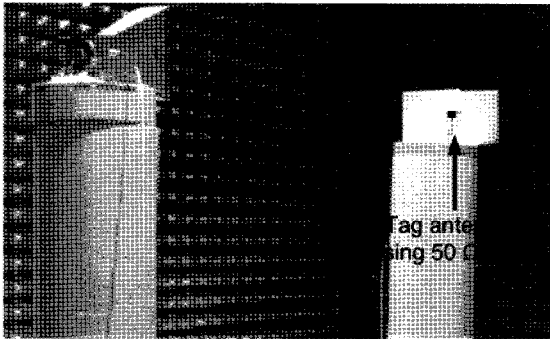
정된 데이터를 이용하여 $16 + j131 \Omega$ 으로 설계된 이론치와의 비교를 위해 임피던스 변환을 한 결과, 900 MHz 대역에서의 반사손실 값이 매우 유사함을 확인하였다. 따라서 태그 안테나에 실제로 칩($16 - j131 \Omega$)을 적용하여도 UHF 대역 RFID 태그로써 잘 동작할 수 있다고 확신하였다.

Fig. 6은 제안된 태그 안테나의 방사패턴을 측정하고 인식거리를 측정하기 위해 구현한 측정 환경과 제작된 태그 안테나의 사진을 보여주고 있다.

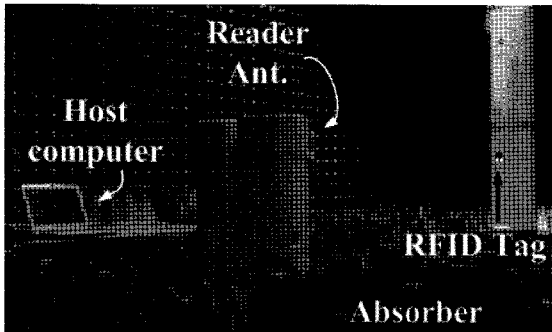
Fig. 6(a)는 50 Ω 포트를 이용하여 제작한 태그안테나(좌)와 임피던스가 $16 - j131 \Omega$ 인 칩을 부착하여 제작한 태그(우)의 사진이다.



(a) Fabricated tag antenna



(b) Measurement for radiation pattern



(c) Measurement for Reader range

Fig. 6 Measurement environment of fabricated tag antenna

Fig. 7은 시뮬레이션 톨로 칩 임피던스와 공역 정합하여 계산된 방사패턴(910 MHz)과 50 Ω 포트로 계산된 방사패턴(3.95 GHz) 및 Fig. 6(b)에서 보여준 측정환경에서 50 Ω 포트로 측정된 방사패턴을 비교하였다.

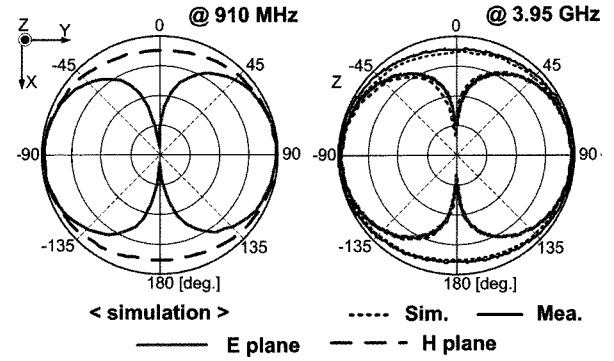


Fig. 7 Comparison between calculated and measured radiation patterns

Fig. 8은 Fig. 6(c)에서 보여준 측정환경에서 리더기(Alien사의 9800 Reader System)를 이용하여 인식각도에 따른 인식거리를 측정하였으며 그 값들을 Table 1에 나타내었다. 리더기 안테나의 이득은 6 dBi이다(ubiu, 2008).

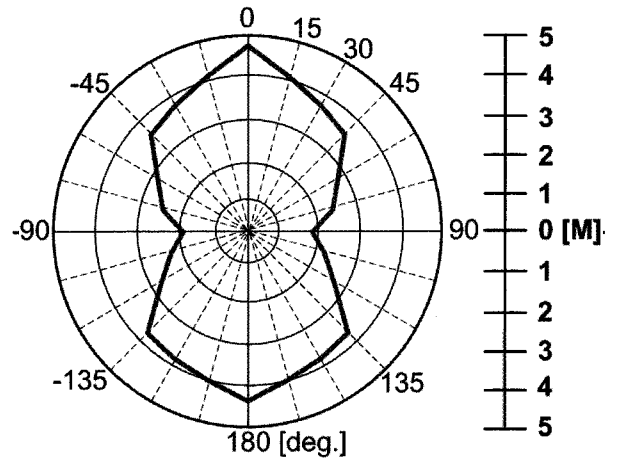


Fig. 8 Readable range of tag antenna

Table 1 Readable range of tag antenna

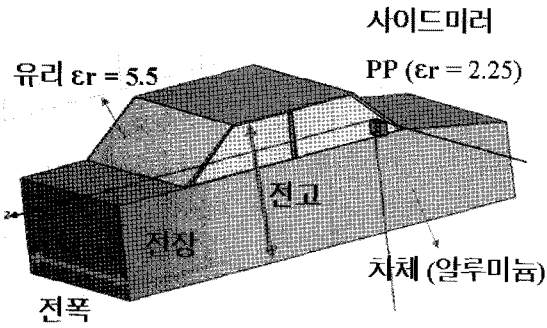
각도 (°)	0	15	30	45	60	75
거리 (M)	4.6	4.1	3.7	3.5	3	2.6
90	105	120	135	150	165	180
2	2.5	2.8	3.7	3.8	4.1	4.4

4. 사이드 미러용 태그 안테나의 지향성 설계

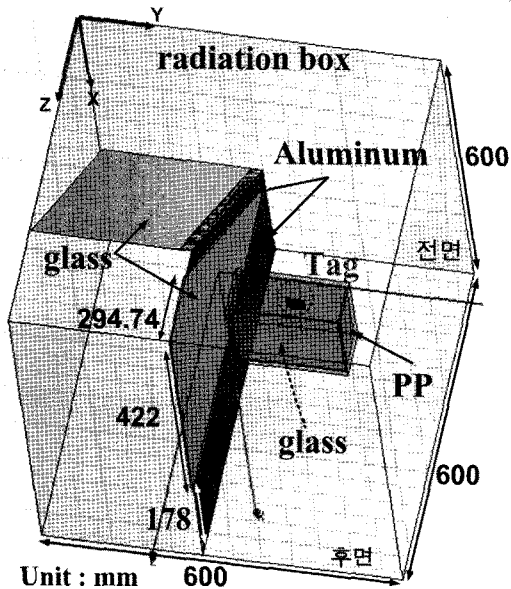
Fig. 9는 제안된 태그 안테나를 차량용 사이드 미러에 부착하여 지향성의 특성을 확인하기 위한 시뮬레이션 환경을 나타내었다. 차량 제원은 H사의 S모형을 참고하였으며 Table 2에 나타내었다. 차량의 전체 길이를 전장, 전체 폭을 전폭 그리고 전체 높이를 전고라고 한다(현대자동차, 2007). 사이드미러는 차의 종류에 따라 다양하지만 본 논문에서는 중형차의 평균 크기

를 사용하였다. 사이드미러의 재질은 폴리프로필렌 (polypropylene ; PP)이고 차체는 알루미늄으로 설계하였다.

Fig. 9(b)는 Fig. 9(a)에서 나타난 계면을 이용하여 시뮬레이션 하였을 때 장시간이 걸린다는 점과 측정 환경을 구현하기 매우 어렵다는 것을 고려하여 시뮬레이션 환경을 미리가 있는 쪽의 차체를 포함한 환경으로 Fig. 9(b)와 같이 부분적으로 설계하였다.



(a) Whole design



(b) Partial design

Fig. 9 Environment simulation including tag antenna

Table 2 Vehicle specification

단위: mm			
전장	4,800	전폭	1,830
전고	1,475	사이드미러	190 × 135

Fig. 10은 사이드 미러 내부에 태그가 부착될 위치를 나타낸 Fig.이다. Fig. 1에서 제안한 소형 태그 안테나를 고려한 부착 위치를 ① ~ ⑨ 곳으로 정하였고 각각의 위치에 따른 태그의 반사손실 특성과 지향성에 대하여 계산하였다.

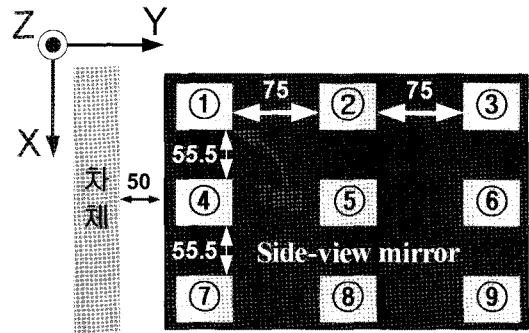


Fig. 10 Tag position placed on inside of side mirror

Fig. 11은 Fig. 9(b)에서 나타난 시뮬레이션 환경을 이용하여 Fig. 10에서 나타난 9곳의 부착 위치에서의 반사손실을 나타내었다. Fig. 11로부터 알 수 있는 것처럼 모든 위치에서 반사 손실은 변화가 거의 없음을 확인하였다. 차체가 없이 사이드 미러만 가졌을 때의 태그 안테나의 반사손실과 비교하여 보면 차체까지를 고려하여 설계한 경우의 공진 주파수가 약 110 MHz 저주파로 이동되어 800 MHz 부근에서 공진하였으며 대역폭이 약 80 MHz 줄어들었고 이러한 특성 변화는 9곳에서 거의 같았다. 이것은 사이드 미러로 사용된 유전체의 영향과 차체인 도체와의 결합에 의한 영향 때문에 주파수가 하향된 것으로 사료된다.

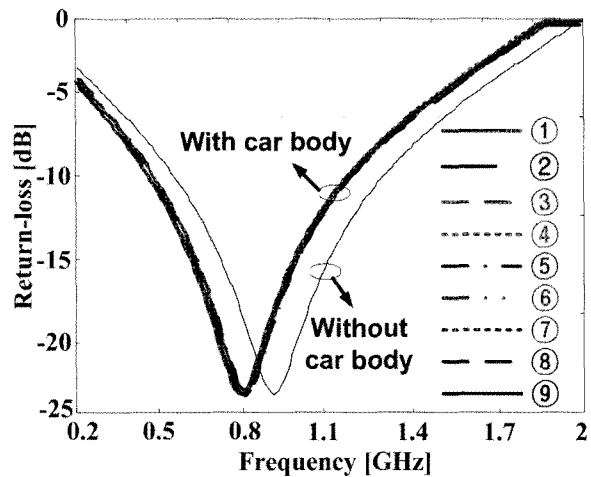


Fig. 11 Return loss of tag antenna placed on inside of side view mirror in simulation environment of Fig. 9(b)

Fig. 12는 ① ~ ⑨ 까지 각각 부착된 위치에서 태그의 계산된 지향성 패턴을 나타낸다. Fig. 7에서 나타난 차체가 없을 때의 방사패턴과 비교하여 보면, 차체와의 거리에 따라서 방사패턴의 지향성이 변화하는 것을 확인할 수 있다. 이는 차량의 앞쪽 유리를 지지하는 차체의 프레임에 의한 영향으로 인해 -Z축 방향의 패턴 모양, 즉 차체의 정면에서 약간 왼쪽으로 영점이 생기게 되어 리더와의 통신에 방해가 될 수 있다. 따라서 차체와 태그 사이에 적절한 거리가 필요할 것으로 사료된다. 본 연구에서는 Fig. 9(b)의 시뮬레이션의 환경을 기준으로, 태그와 차체사이의 거리는 Fig. 10에서 나타난 것처럼 ①의 위치에서

50 mm 떨어져 있으며, ②와 ③의 위치는 ①의 위치에서 75 mm 간격으로 떨어져 있다. ④와 ⑦의 위치는 ①의 위치에서 55.5 mm 간격으로 떨어져 있다.

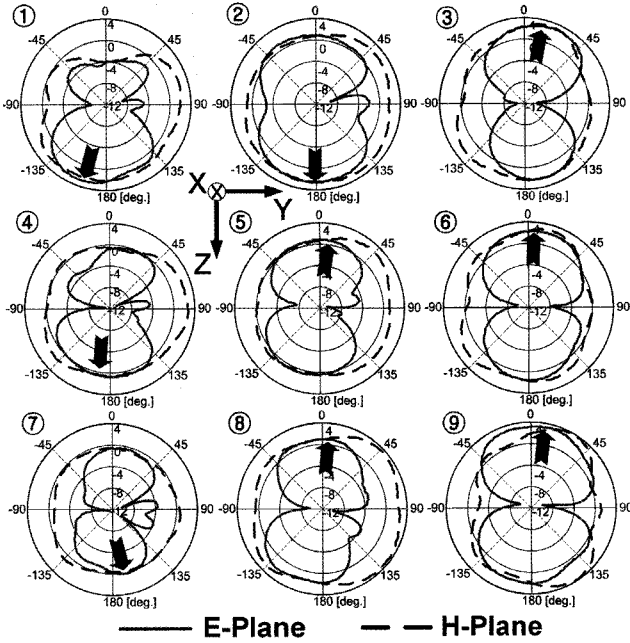


Fig. 12 Calculated radiation patterns of a tag antenna placed on inside of sideview mirror

차체와 태그 사이의 거리가 멀어지면서 -Z축 방향으로 지향성이 원래의 태그의 방사패턴과 비슷하게 돌아오게 되며 앞쪽 프레임에 의해서 지향성이 정면에서 약간 오른쪽으로 생김에 따라서 리더기와 통신을 할 때 정면에서 지향성이 생기는 것보다는 통신에 유리할 것으로 사료되어 진다. 또한 태그 자체의 최대 이득은 0.32 dB였으나 시뮬레이션 환경에 차체(도체)를 고려한 후의 이득은 약 3.6 dB로 확인되었다. 이는 전파가 차체에 의해 반사되는 신호가 수신되어 태그안테나의 이득이 증가하는 것으로 사료된다. 본 논문에서 측정된 결과는 차체(도체)에 의해서 전체적으로 이득이 약 3 dB정도 증가함을 확인하였다.

5. 실험 결과 및 토론

Fig. 13은 Fig. 9(b)의 설계 환경에 맞춘 지향성의 측정을 위해 구현한 환경의 사진을 나타낸다. 차체를 구현하기 위하여 알루미늄(프레임 : 약 45°로 550 X 55 X 1 mm³, 차체 : 600 X 178 X 1 mm³)을 사용하였고 이 알루미늄을 고정시키기 위하여 스티로폼을 이용하였고, 실제 사용되는 사이드미러를 이용하여 그 내부에 태그를 부착하여 측정하였다. 사이드 미러와 차체를 추가하여 측정할 때에는 추가 환경을 구현하고 3장에서 보여준 방법으로 사이드 미러 내에 50 Ω 포트를 사용한 태그 안테나를 부착하여 측정하였다.

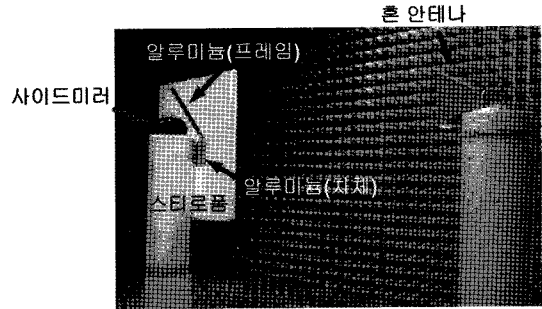


Fig. 13 Photograph of measurement environment

Fig. 14는 구현된 측정 환경을 이용하여 측정된 방사패턴을 나타낸다. Fig. 12의 시뮬레이션 틀을 이용하여 계산된 결과처럼 차체와 태그 사이의 거리가 멀어지면서 -Z축 방향, 즉 정면으로 지향성이 생기는 것을 확인하였다. 또한 독립적인 방사패턴으로 돌아오게 됨으로써 ②, ③, ⑤, ⑥, ⑧, ⑨의 위치에 태그를 부착하는 것이 RFID 통신에 유리함을 확인하였다. 측정된 방사패턴은 Fig. 12에서 나타난 시뮬레이션 결과와 전체 형상이 매우 비슷하다. 하지만 리플이 많은 방사패턴을 보이는 이유는 사이드미러 내에 존재하는 은박이나 나사 등의 도체에 의한 영향으로 사료된다. 또한 180° 부근에서 영점이 생기는 것은 태그 안테나의 특성을 측정하기 위해 연결한 급전 케이블과 커넥터의 영향으로 사료된다.

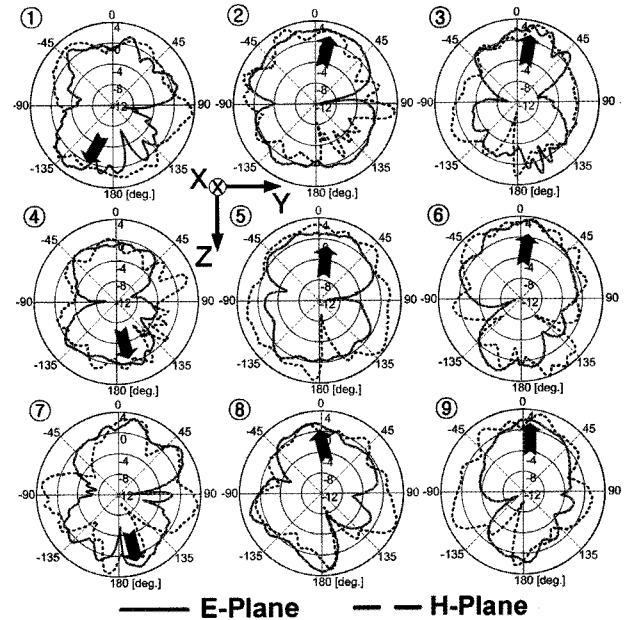


Fig. 14 Measured radiation pattern of a tag antenna placed on inside of side view mirror

인식거리 측정은 Fig. 13에서 혼 안테나 대신 리더기의 안테나를 부착하고 리더기 시스템을 사용하여 인식거리를 측정하였다. Fig. 15는 차체와 사이드 미러를 적용하였을 때의 태그 인식거리를 나타내고 그 결과는 Table 3에 나타내었다. 태그의 위치는 Fig. 10에서의 5번 위치에 있을 때이다. Fig. 11에서 나

타난 결과처럼 도체와 사이드미러에 의해서 주파수가 약 800 MHz로 이동되어 900 MHz에서의 반사손실보다 다소 나빠졌기 때문에 인식거리가 크게는 1 M정도 줄어들었지만 제안된 태그 안테나의 광대역 특성과 차체(도체)에 의한 이득 상승으로 인해 인식거리가 크게 차이가 나지 않는 것을 확인하였다.

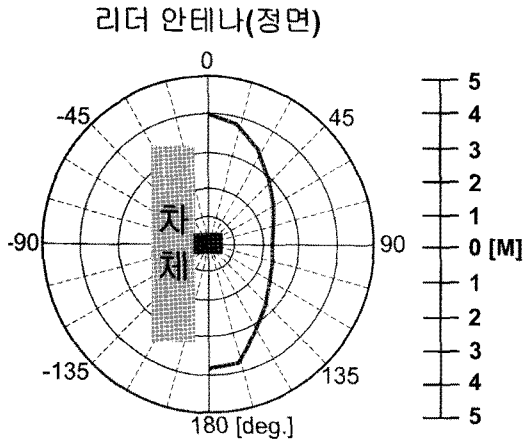


Fig. 15 Readable range of a tag in measurement environment

Table 3 Readable range of tag in measurement environment

각도(°)	0	15	30	45	60	75
거리(m)	4	3.84	3.35	2.98	2.65	2.41
	90	105	120	135	150	180
	2.2	2.3	2.4	2.73	3.16	3.85
		2.3	2.4	2.73	3.16	3.85

6. 결 론

본 논문에서는 RFID를 무인 차량 출입 시스템에 적용하기 위해 차량의 사이드 미러 내부에 태그 안테나의 부착 위치로 정하였고 UHF 대역 RFID용 태그 안테나를 대칭 루프형으로 설계하였다. 제안된 태그 안테나가 사이드 미러 내부에 부착되었을 때의 방사패턴을 측정하여 계산된 방사패턴과의 비교를 통해 지향방향의 특성을 분석하였다. 제안된 태그 안테나(30 mm × 24 mm × 1 mm)는 910 MHz에서 공진하며 대역폭은 780 MHz(540 MHz ~ 1320 MHz)로 광대역 특성을 가지며, 칩 임피던스는 16 - j131 Ω을 사용하였다. 차체(도체)와 사이드 미러에 의해서 생기는 지향성과 특성의 변화에 대해서 나타내고, 차량용 RFID 시스템을 위한 최적의 위치(Fig. 10의 ②, ③, ⑤, ⑥, ⑧, ⑨)를 사이드 미러 내부에서 확인하였다. 태그 자체의 인식거리는 최대 4.6 M이고 5회 측정된 평균 인식 거리는 4 M이며, 차체에 적용하였을 때는 최대 4 M이며 5회 평균 3.5 M의 인식거리를 확인하였다. 차체(도체)와 사이드미러의 영향으로 변화되는 지향성을 연구하여 리더가 태그로부터 정보를 수신하기 위한 태그의 최적 부착 위치를 평가하였다.

후 기

본 연구는 Post-Bk21사업 및 중소기업청과 부산광역시 지

원하는 2008년도 산학연 공동기술개발 컨소시엄 사업 지원으로 이루어졌습니다.

참 고 문 헌

- [1] 박건도, 민경식(2008), "910 MHz 대역 RFID용 태그 안테나의 소형화 설계", 한국향해항만학회지, 32권, 5호, pp. 363-368.
- [2] 손해원, 최원규, 표철식(2005), "UHF RFID 태그 안테나 기술", 한국전자과학회논문지, 16권 2호, pp. 55-63.
- [3] 이정환, 정유정(2007), "후엽이 작은 장거리 인식용 Yagi-Uda UHF RFID 태그 안테나 설계", 한국전자과학회 논문지, 18(11), pp. 1211-1216.
- [4] 임성빈, 박용욱, 최학근(2005), "소형 광대역 안테나", 한국전자과학회논문지, 16권 2호, pp. 3-12.
- [5] "유비유희딩스(2008), "RFID reader shop", ALR-9800 DevKit, <http://www.ubiu.com>".
- [6] 조치현, 추호성, 박익모, 김영길(2005), "UHF 대역 수동형 RFID 태그 안테나 설계", 한국전자과학회논문지, 16(9), pp. 872-882.
- [7] 현대자동차(2007), "쇼룸, 차량 제원(쏘나타)", <http://www.hyundai-motor.com>.
- [8] Andrenko, A. S. (2005), "Conformal fractal loop antennas for RFID tag applications", 18th International Conference on Applied Electromagnetics and Communications, pp. 167-170.
- [9] Balanis, C. A.(1997), "Antenna Theory Analysis and Design", John Wiley & Sons.
- [10] Choo, J., Ryoo, J., Park, I., Hong, J., Park, K., and Lee, J.(2007), "A Novel Multi-loop Tag for Near Field Communication in UHF Band", Microwave Conference, APMC 2007, Asia-Pacific, pp. 1 - 4.
- [11] Cunningham, R. F.(1993), "Smart card applications in integrated transit fare, parking fee and automated toll payment systems the maps concept", Telesystems Conference, 'Commercial Applications and Dual-Use Technology', Conference Proceedings., pp. 16-25.
- [12] Elkamchouchi, H. M., Mona, N., El-Salam, A. (2003), "Square loop antenna miniaturization using fractal geometry", Proceedings of the Twentieth National Radio Science Conference, pp. B4-1-8.
- [13] Pala, Z., and Inanc, N.(2007), "Smart Parking Applications Using RFID Technology," RFID Eurasia, 2007 1st Annual, pp. 1 - 6.
- [14] Tseng, J. D., Wang, Wen-De, Ko Rong-Jie, "An UHF Band RFID Vehicle Management System," Anti-counterfeiting, Security, Identification, 2007 IEEE International Workshop, pp. 390-393, 16-18.

원고접수일 : 2008년 11월 3일
 심사완료일 : 2008년 12월 26일
 원고채택일 : 2008년 12월 29일