

차량 범퍼에 부착된 번호판용 태그 안테나의 설계

Design for a Tag Antenna Using License Plate Attached Vehicle Bumper

박 대 환 · 민 경 식

Dea-Hwan Park · Kyeong-Sik Min

요 약

본 논문은 차량 범퍼에 부착된 번호판을 이용한 900 MHz 대역 RFID 태그 안테나의 설계를 기술하고 있다. 차량 번호판의 위쪽 중앙 지점에 위치한 제안된 태그 안테나의 크기는 162.5×40×1 mm³이다. 설계 안테나의 공진 주파수와 -10 dB 이하의 반사 손실을 가지는 대역폭은 각각 900 MHz와 약 720 MHz(640~1,360 MHz)이다. 설계에 고려된 상용 칩의 임피던스는 16-j131Ω이었고, 칩의 복소 공액 임피던스가 태그 안테나의 입력 임피던스로써 사용되었다. 측정된 반사 손실과 방사 패턴은 계산된 결과들과 잘 일치하였다. 단지 차량 번호판 위에 설계된 태그 안테나의 측정된 인식 거리는 11.5 m였다. 또한, 번호판과 차량 범퍼가 볼트와 너트에 의해 고정되어진 제작된 태그 안테나의 인식 거리는 10.4 m로 관측되었다. 이 측정된 인식 거리는 상용 태그 안테나의 평균 인식 거리보다 약 5 m 이상 먼 거리였다.

Abstract

This paper describes a design for RFID(Radio Frequency Identification) tag antenna using license plate attached the vehicle bumper in 900 MHz band. The proposed tag antenna size which is located on upper center position of a vehicle license plate is 162.5×40×1 mm³. A resonant frequency of design antenna and the bandwidth which has return loss of -10 dB below are 900 MHz and about 720 MHz(640~1,360 MHz), respectively. The commercial chip impedance considered on design was 16-j131 Ω and the complex conjugate impedance of chip was used as input impedance of tag antenna. The measured return loss and radiation pattern were agreed well with the calculated results. The measured readable range of the proposed tag antenna designed on only the vehicle license plate was 11.5 m. Moreover, its range of the fabricated tag antenna that the license plate and the vehicle bumper were fixed by bolt and nut was observed 10.4 m. These measured readable range showed about 5 m above far distance more than the average readable range of commercial tag antenna.

Key words : RFID, Tag Antenna, License Plate Antenna, Vehicle Bumper, Readable Range

I. 서 론

RFID(Radio Frequency Identification)란 사물에 부착된 태그로부터 사물의 고유 ID를 무선으로 인식하여 여러 가지 정보를 활용함으로써, 현재 연구 진행되고 있는 유비쿼터스 컴퓨팅(ubiquitous computing)

의 핵심이 되고 있는 기술이다^[1]. RFID 기술이 발전함에 따라 점차 차량용에도 RFID 기술이 응용되고 있다. 하지만 차량에 RFID 기술을 접목시키기 위해서는 차량의 환경에 적합한 RFID 태그 안테나를 설계·제작해야만 한다. 이럴 경우, 안테나 부착의 번거로움과 별도의 비용이 필요하다. 또한, 태그 안테

「본 연구는 Post BK-21 사업 및 중소기업청과 부산광역시가 지원하는 2008년도 산학연 공동기술개발 컨소시엄 사업 지원으로 이루어졌습니다.」

한국해양대학교 전파공학과(Department of Radio Communication Engineering, Korea Maritime University)

· 논문 번호 : 20090325-033

· 수정완료일자 : 2009년 5월 25일

나는 주변 환경과 부차 매질에 크게 영향을 받으며, 이에 따라 태그의 동작 특성은 변화를 하고 인식률에 영향을 준다. 이러한 문제점을 해결하고자 차량 유리에 안테나를 설계하여 차체인 도체의 영향을 최소화하기 위한 설계를 하기도 한다^[2]. 이렇게 설계된 안테나들은 크기의 제한을 받기도 하지만 인식 거리 또한 5~7 m 전후이다. 하지만 본 논문에서는 차량용 번호판에 안테나를 설계하여 번호판 자체를 안테나로 만들었기 때문에, 기존의 상용 태그 안테나 인식 거리가 약 5~7 m 전후인데 반해, 차량용 번호판 전체가 안테나로 동작하도록 설계함으로써 인식 거리를 약 10.4 m로 향상시켰다.

그리고 RFID 태그 안테나를 광대역으로 설계하여 부차지판에 따른 주파수 천이의 영향을 최소화하였다.

2장에서는 안테나의 구조 및 설계를 명시하고, 3장에서는 설계된 안테나를 차량번호판의 부차지판인 폴리우레탄을 포함한 설계를 행하였다. 또한, 차량번호판인 안테나와 범퍼인 폴리우레탄을 고정시키는 볼트와 너트의 영향도 살펴보았다. 4장에서는 안테나를 실제 제작하여 측정을 행하였고, 그 결과를 이론치와 비교하였다. 마지막으로 5장에서는 결론을 맺는다.

II. 안테나의 구조 및 설계

차량용 번호판을 이용하여 설계된 안테나를 그림 1에 나타내었다. 제안된 안테나는 한 개의 단락 선로 'c', 급전 선로 'd', 그리고 안테나 선로 'b'로 구성되어 있다. 차량용 번호판은 여러 종류가 있으나, 이 연구에서 고려한 번호판은 가로 335 mm, 세로 155 mm, 두께 1 mm 크기를 가지며, 순도 99.9 %의 알루미늄 재질로 되어 있다^[3]. 제안된 안테나는 그림 1과 같이 번호판 알루미늄 기판 위에 PIFA의 구조로 되어 있다. 단락 선로인 'c'와 급전 선로 'd' 사이에 강한 전계가 발생하며, 'b'는 방사체의 역할을 한다. 단락 선로 'c'와 급전 선로 'd'간의 간격(W_3)은 안테나의 주파수 천이 특성에 영향을 미친다. 이는 급전 부분의 강한 전계가 단락 선로에서는 강한 역전류를 형성하여 커패시턴스 성분을 만든다^[4]. 'b'의 길이가 늘어남에 따라, 전기적 길이의 증가로 인해 공진주파수는

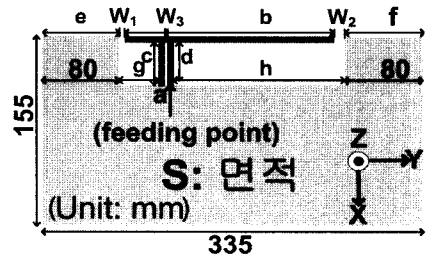


그림 1. 제안된 태그 안테나 구조
Fig. 1. The structure of a proposed tag antenna.

저주파수로 이동한다. 이와 같이 패치의 간격과 폭, 그리고 방사체의 길이를 조정함으로써 다양한 안테나의 입력 임피던스를 구현할 수 있으며, 태그의 칩 입력 임피던스가 주어지면, 위에서 언급한 파라미터들의 최적 값을 적용하여 공역 정합이 되는 입력 임피던스를 갖는 태그 안테나 구조 설계가 가능해진다.

제안된 안테나는 상용 시뮬레이션 툴인 HFSS를 이용하여 설계하였다.

최적화된 안테나의 설계 함수의 커패시턴스 C_i 는 식 (1)로 표현된다.

$$C_i = \epsilon_0 \frac{S}{W_3} \quad [F] \quad (1)$$

C_i 는 도체간의 거리 ' W_3 '에 반비례하며, 그림 1에 표시된 면적 ' S '에 비례한다. ϵ_0 는 자유 공간 유전 상수이다. 그림 1에서 보듯이 S 가 일정하므로 W_3 가 작아지면 C_i 가 커져서 공진주파수는 고주파수 쪽으로 천이된다. 따라서 원하는 공진주파수를 얻기 위해서는 거리 ' W_3 '의 제어가 매우 중요하다.

그림 2는 식 (1)의 이론적 배경을 바탕으로 강한 전계가 형성되는 급전 선로 'd'와 단락 선로 'c' 사이의 간격인 ' W_3 '의 변화에 따른 반사 손실을 계산한 것이다. 그림 2로부터 알 수 있는 바와 같이 ' W_3 '이 넓어짐에 따라 식 (1)의 분모의 값이 커지고 상대적으로 C_i 성분이 줄어든다. 즉 ' W_3 '이 클수록 태그 안테나의 공진주파수가 저주파수 쪽으로 이동하는 것을 확인할 수 있다^[5].

이후의 계산에서는 ' W_3 '을 2 mm로 정한다. 그림 3은 방사체의 길이 'b'의 변화에 따른 반사 손실 특성을 나타내었다. 'b'의 길이가 늘어남에 따라 전기적

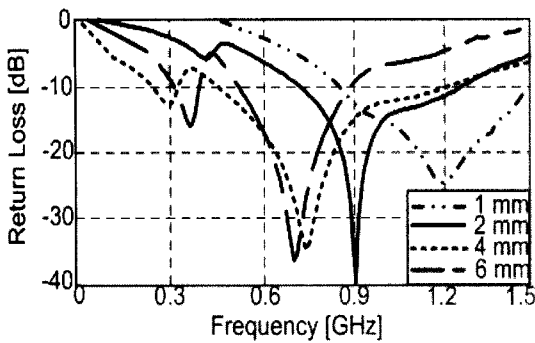


그림 2. W_3 의 변화에 따른 계산된 반사 손실
Fig. 2. The calculated return loss with according to variation of W_3 .

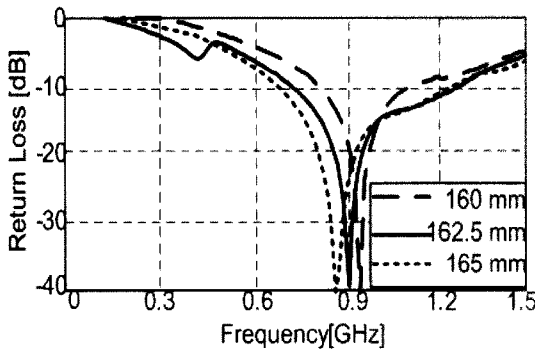


그림 3. 'b'의 길이 변화에 따른 파라미터 비교
Fig. 3. Comparison of parameters by length variation of 'b'.

길이의 증가로 공진점이 저주파수로 이동하는 것을 확인할 수 있다. 'b'가 162.5 mm일 때, 반사 손실과 지향성이득은 900 MHz에서 각각 -45.44 dB, 4.47 dB로 계산되었다. 그리고 -10 dB 이하 대역폭은 약 720 MHz이었다.

그림 4는 단락 선로와 그라운드인 알루미늄판 사이의 간격 'g'의 변화에 따른 계산된 반사 손실을 나타낸다. W_3 을 2 mm로 고정하고, 'b'를 162.5 mm로 고정하였다. 그리고 나서 'g'를 13 mm에서 43 mm까지 10 mm 간격으로 시뮬레이션을 한 결과, 'g'의 변화에 따라 계산된 공진주파수는 거의 변화가 없는 것을 확인할 수 있었다. 그 원인은 단락 선로인 'b'와 급전 선로 'd' 사이에 전류의 위상이 상쇄되고, 그 결과 'g'가 변화하더라도 거의 영향을 받지 않는다는 것을 확인할 수 있다.

위의 결과들을 바탕으로 최적화된 안테나의 반사

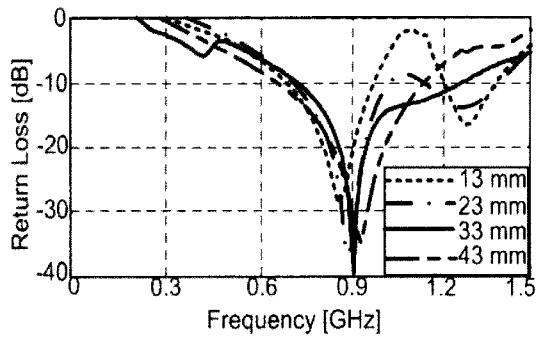


그림 4. 반사 손실(g 변화)
Fig. 4. Return loss(g variation).

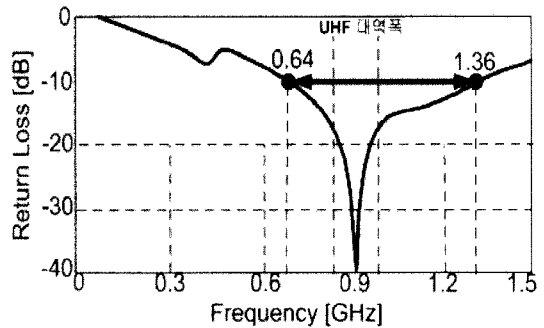


그림 5. 최적화된 태그 안테나의 계산된 반사 손실
Fig. 5. A calculated return loss of the optimized tag antenna.

손실 특성을 계산하여 그림 5에 나타내었다. -10 dB 이하 대역폭은 약 720 MHz로 UHF 대역폭을 충분히 만족한다. 표 1은 앞의 설계에서 구한 파라미터를 포함한 그 외의 다른 파라미터들을 정리한 표이며, 이들의 값을 이용하여 900 MHz에서의 E면과 H면에 대한 각각의 지향성 패턴을 그림 6에 나타내고 있다. $E(xy)$ 의 지향성 패턴을 분석해 보면 그림 1의 안테나 구조에서 -x축 방향으로 빔폭이 넓은 반면, x축 방향으로로는 빔폭이 줄어드는 것을 확인할 수 있다. 이

표 1. 최적화된 태그 안테나의 계산된 파라미터 값
Table 1. The calculated parameter values of the optimized tag antenna. (unit: mm)

입력 임피던스	a	b	c	d	e	f
16+j131 [Ω]	5	162.5	35	33	80	80
	g	h	W_1	W_2	W_3	Port
	33	133	4	8.5	2	5×2

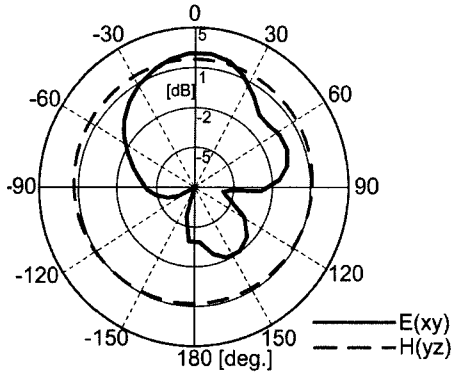


그림 6. 900 MHz에서 계산된 방사 패턴
Fig. 6. The calculated radiation pattern at 900 MHz.

는 급전 선로와 단락 선로 사이에 강한 역전류가 형성되고, 위상이 상쇄되어 에너지가 x축 방향으로 생성되지 못하여 방사가 억제되기 때문이라 사료된다.

III. 부착지판의 설계

RFID 태그 안테나는 사물의 정보를 인식하기 위해, 그 사물의 임의의 위치에 부착되기 때문에, 부착되어지는 면의 전기적 성질에 의해 그 특성이 달라진다. 따라서 부착되는 매질에 의한 안테나의 특성 변화에 대해 주목해야 한다. 본 논문에서는 차량용 번호판의 부착지판에 해당하는 범퍼에 대한 특성 변화를 파악하는 것을 목적으로 하였다. 차량 범퍼의 재질은 폴리우레탄이며, 폴리우레탄을 부착 지판으로 한 번호판 태그 안테나의 설계 순서는, 첫 번째로는 폴리우레탄의 두께에 따른 시뮬레이션 영향을 파악하고, 두 번째는 두께를 고정시킨 후 폴리우레탄의 크기($\pm y$ 축 방향) 변화에 따른 특성을 파악한다. 세 번째는 위에서 계산된 폴리우레탄의 두께와 좌우 크기의 값을 고정시킨 후, 폴리우레탄의 상하 크기($\pm x$ 축 방향) 변화에 따른 영향을 파악한다. 네 번째는 위에서 얻은 결과들을 바탕으로, 차량용 번호판을 범퍼에 고정시키기 위해 사용되는 볼트와 너트의 영향을 고려한 안테나의 특성을 파악한다. 마지막으로 최근 유통되는 번호판의 경우, 범퍼용 폴리우레탄과 차량용 번호판 사이에 스티로폼의 재질을 삽입하여 차량 충돌시 번호판의 찌그러짐을 방지하기 위한 목적으로 범퍼와 번호판을 이격시켜 놓는 경우가 많다⁶⁾. 이러한 점을 토대로 범퍼와 안테나 기판 사이

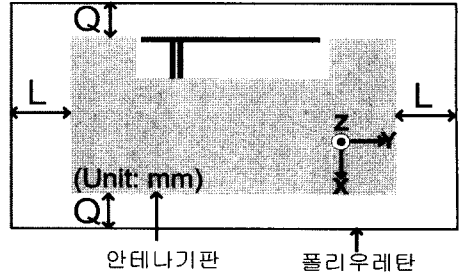


그림 7. 폴리우레탄 위에 부착된 태그 안테나의 구조
Fig. 7. Structure of tag antenna attached on polyurethane.

의 간격 변화에 따른 특성을 파악한다.

3-1 폴리우레탄을 부착한 안테나 설계

그림 7은 그림 1의 제안된 안테나 기판에 폴리우레탄이 부착되어진 설계 모델 안테나이다. 안테나 기판과 폴리우레탄 사이의 공기층을 1 mm로 고정하였다. 폴리우레탄의 일반적인 비유전율은 5.4~7.6 사이이므로, 본 설계에서는 중간 값인 6.5를 사용하였다.

그림 8은 $\epsilon_r=6.5$ 인 폴리우레탄의 기판 두께가 변화할 때 나타나는 반사계수의 특성을 보여주고 있다. 폴리우레탄의 두께 변화만을 알아보기 위해 좌우 크기(L)은 900 MHz의 약 $\lambda/4$ 인 90 mm로 하였으며, 상하 크기(Q)는 0 mm로 두었다. 폴리우레탄의 두께는 1 mm부터 8 mm까지 변화를 시키면서 공진 특성을 계산하였다.

그림 8에서 알 수 있는 것처럼, 안테나의 크기가 일정하고 복소 비유전율이 일정하더라도 유전체의 두께가 변화하면 유전체의 관내 파장이 변하게 되고, 이는 공진주파수에 영향을 주게 되어 미세하지만 공진주파수의 변화가 발생하는 것을 알 수 있다. 따라서 유전체인 범퍼의 정확한 두께를 설계 단계에서 정할 필요가 있다⁷⁾. 본 논문에서는 실제 차량용 범퍼의 두께인 6 mm로 선택하였다. 계산 결과, 두께가 6 mm일 경우의 공진주파수는 900 MHz이고, 반사 손실은 약 -23.86 dB였다.

그림 9는 $\epsilon_r=6.5$ 이고, 두께가 1 mm인 알루미늄기판 위에 설계된 PIFA 안테나를 두께 6 mm의 폴리우레탄 위에 부착하고, 좌우 크기(L)를 150 mm까지 변화시켰을 경우와 상하 크기(Q)를 90 mm까지 변화시

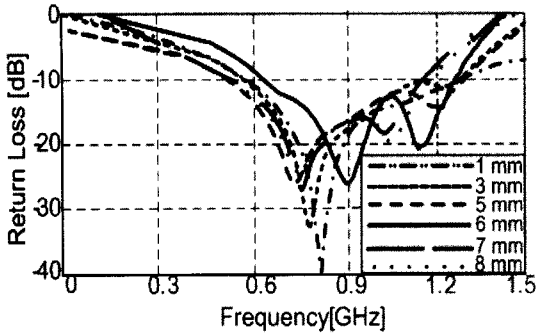


그림 8. 폴리우레탄 두께에 따른 파라미터 비교
Fig. 8. Comparison of parameters by polyurethane's thickness.

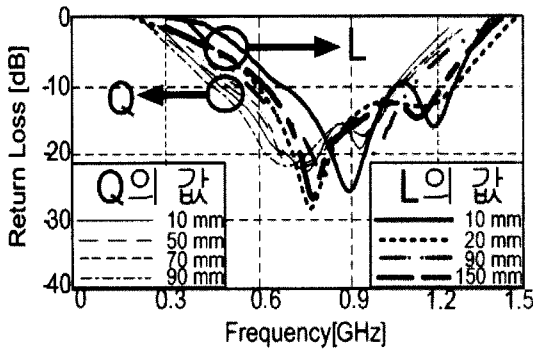


그림 9. Q와 L의 크기 변화에 따른 파라미터 비교
Fig. 9. Comparison of Q and L of size variation.

켰을 경우의 공진주파수의 변화를 비교하여 보았다. 그림에서 알 수 있듯이 L의 크기가 20 mm 이상이 되면 부착지판인 폴리우레탄의 영향이 거의 나타나지 않는 것으로 계산되었다. 따라서 본 논문에서는 L의 크기를 약 $\lambda/4$ 인 90 mm로 설정하였다. 다음으로, 폴리우레탄의 좌우 크기(L)를 90 mm로 고정하고 폴리우레탄의 두께를 6 mm로 고정시킨 후, 상하 크기인 Q를 10 mm에서 90 mm까지 변화시켰을 때, 공진주파수의 변화를 살펴보았다. 그 결과, 공진주파수 및 반사 손실, 그리고 대역폭은 거의 변화가 없는 것을 확인할 수 있다. 그 원인으로는 PIFA 안테나의 특성상 단락 선로와 급전 선로 사이의 전계가 상쇄되고 방사 소자인 'b'가 수평 편파의 특성을 보여 그림 9에서 보듯이 좌우 변화에 따라 특성이 변화지만, 상하 변화에 따른 반사 손실 변화는 거의 없음을 확인할 수 있다. Q를 50 mm로 하여도 좋으나, 일반적인 차량용 범퍼의 상하 높이가 70 mm인 것을 고려

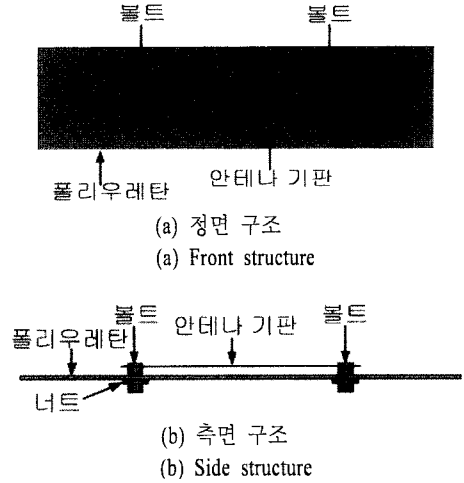


그림 10. 안테나 기판과 범퍼를 고정시키기 위해 사용된 볼트와 너트의 구조
Fig. 10. The structure of volts and nuts to fix between bumper and antenna plate.

하여 본 논문에서는 Q를 70 mm로 선택하였다.

3-2 볼트와 너트를 포함한 설계

그림 10은 차량용 번호판을 범퍼에 부착하기 위해 사용되는 볼트와 너트의 유무에 따른 전기적 시뮬레이션 특성 변화를 알아보기 위해 설계한 구조를 나타낸다. 실제로 차량에 사용되는 볼트의 높이는 35 mm이고, 볼트의 지름은 24 mm로 이를 설계에 적용하였다.

그림 11은 볼트와 너트의 유무에 따른 시뮬레이션 결과와 안테나 기판과 폴리우레탄 사이의 간격을 시뮬레이션 한 결과를 나타낸다. 볼트와 너트가 있는 경우와 없는 경우를 비교해 보면, 안테나의 임피던스에 미세한 영향은 있으나 크게 변화가 없음을 확인할 수 있다. 또한, 그림 9에서의 상하 크기의 시뮬레이션 값과 볼트와 너트가 있는 경우의 계산된 값을 비교해 보면 반사 손실의 차이가 거의 없음을 확인할 수 있다. 결론적으로 볼트와 너트는 차량용 번호판을 이용한 안테나의 설계 값에 크게 영향을 미치지 않는 것을 확인할 수 있다. 다음으로 안테나인 번호판과 범퍼인 폴리우레탄이 완벽하게 붙은 0 mm의 경우와 간격이 5 mm 이상 떨어진 경우를 살펴보았다. 0 mm의 경우, 지판도 안테나의 역할을 하여 등가적으로 안테나의 크기가 커지면서 임피던스가 변

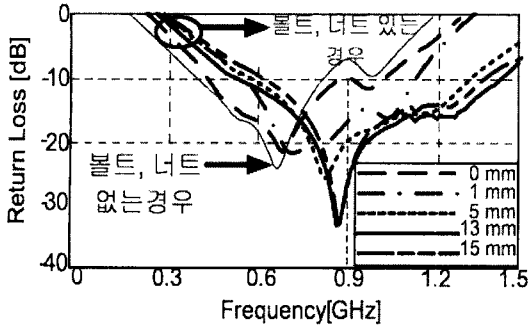


그림 11. 볼트와 너트에 따른 특성 변화와 안테나와 폴리우레탄 지판 사이의 거리에 의한 반사 손실의 변화

Fig. 11. Characteristic change by volt and nut, and variation of return loss by distance between antenna and polyurethane backside plane.

하기 때문에 간격이 5 mm 이상 떨어진 경우와 비교하여 반사 손실 특성의 열화가 발생하고 공진 주파수가 저 주파수 쪽으로 편이되는 것을 알 수 있다. 실제로 변호판을 범퍼에 고정하기 위해 볼트와 너트로 결합을 하더라도 미세한 간격의 차이가 발생하는 것이 일반적이다. 계산 결과들을 살펴보면, 이격이 생길수록 설계 주파수인 900 MHz에 근접하며 특성이 양호해지는 것을 알 수 있다. 이는 범퍼와 변호판 사이의 이격이 커패시턴스 성분으로 작용하는 효과를 얻을 수 있다고 판단된다. 이 이격 효과는 실제 사용시 특성이 개선되고 이격의 자유도가 커서 특성 민감도가 작은 장점이 있다. 그림 11로부터 알 수 있는 것처럼 이격이 13 mm 이상인 경우 공진주파수의 변화가 없는 것을 확인할 수 있다.

그림 12는 폴리우레탄과 안테나 기판 사이의 공기층 1 mm가 삽입된 부착지판에 따른 900 MHz일 때의 지향성 패턴을 나타낸다. 그림 6과 비교해 보면 최대 지향성 이득의 감소와 빔이 두 방향으로 갈라지는 것을 확인할 수 있다. 최대 지향성 이득이 감소한 원인으로는 폴리우레탄의 복소 비유전율에 의한 에너지 손실로서 사료되며, 빔이 두 방향으로 갈라지는 원인으로는 차량용 변호판에 부착되어진 폴리우레탄과 차량용 변호판인 알루미늄과의 위상 차이에 의한 부정합으로 인해 공진되어지는 레벨의 전계 크기가 다르기 때문에 빔이 두 갈래로 갈라지는 것으로 사료된다.

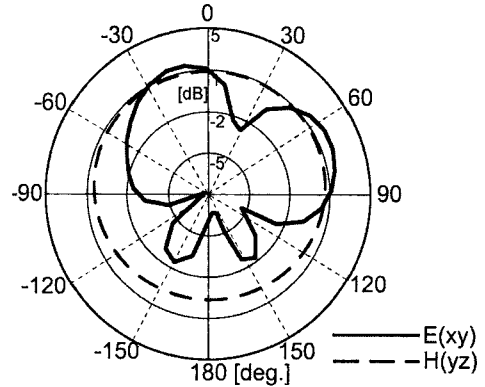


그림 12. 폴리우레탄에 부착된 900 MHz에서 계산된 방사 패턴

Fig. 12. The calculated radiation pattern attached polyurethane at 900 MHz.

IV. 제작 및 측정 결과

그림 13은 실제 제작된 안테나 사진이다. 제작시 1 mm의 두께를 가진 알루미늄 기판을 이용하여 제작하였다.

그림 14는 측정된 안테나와 시뮬레이션 결과 값의 반사 손실 비교를 나타낸다. 측정용으로 많이 사용되고 있는 장비들은 대부분 50 Ω의 전송선을 기준으로 한다. 하지만 태그 안테나는 칩 임피던스에 의존하므로 입력 임피던스가 50 Ω이 아니다. 따라서 태그 안테나를 설계할 때, 우선 칩 임피던스와 정합되는 입력 임피던스를 갖는 안테나를 설계하여야 한다. 실제 측정에서 설계한 태그 안테나의 입력 임피던스가 50 Ω이 아니므로, 칩 임피던스를 고려하여 설계한 그림 5의 반사 손실 특성이 얻어지지 않고

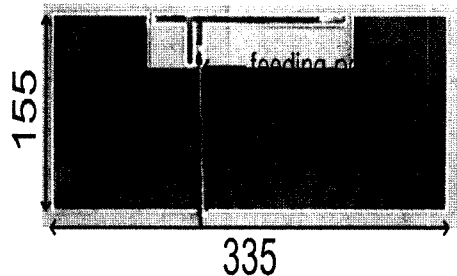


그림 13. 알루미늄 기판을 이용한 제작된 차량용 변호판 안테나 사진

Fig. 13. Photo of the fabricated vehicle license plate antenna using aluminium substrate.

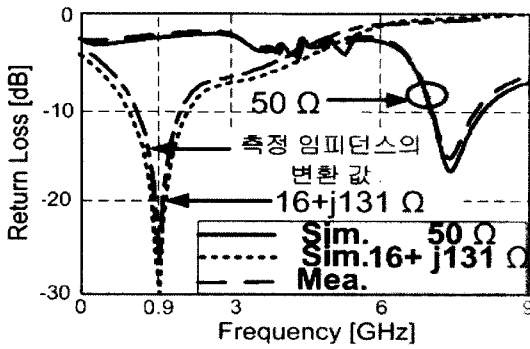


그림 14. 반사 손실 비교
Fig. 14. Comparison of the return loss.

그림 14와 같이 7.3 GHz에서 공진하는 특성을 보인다. 이는 50 Ω의 전송선과 안테나의 입력 임피던스가 부정합되어 일어나는 자연스런 현상이다. 본 논문에서 제안한 설계의 타당성을 보이기 위해 그림 1의 안테나 파라미터를 50 Ω에서 계산해 보면, 그림 14의 굵은 실선의 시뮬레이션 값이 얻어지고, 이 값은 50 Ω 전송선으로 연결하여 측정된 값과 일치한다. 또한, 칩 임피던스를 고려하여 안테나의 입력 임피던스를 $16+j131 \Omega$ 로 설계한 그림 5의 결과를 얻기 위해, 50 Ω 전송선으로 측정된 그림 14의 데이터를 임피던스 변환하면 그림 14와 같이 900 MHz에서 공진한다는 것을 확인할 수 있다. 식 (2)는 태그 안테나와 칩 사이의 임피던스 변환에 의해 구해지는 반사계수이다. Z_a 는 태그 안테나의 측정 임피던스이고, Z_c 는 태그 칩의 임피던스이다.

$$\Gamma = \frac{Z_a - Z_c^*}{Z_a + Z_c}, \quad 0 \leq |\Gamma| \leq 1 \quad (2)$$

임피던스 변환 순서는 식 (2)에서 태그 안테나의 측정 임피던스와 칩 임피던스가 주어지면 계산할 수 있다. 계산된 Γ 의 절대 값을 이용하여, 식 (3)을 통해 반사 손실을 구한다.

$$RL = -20 \log_{10} |\Gamma| \quad (3)$$

예를 들어, 그림 14의 900 MHz에서 50 Ω 급전선을 사용하여 측정된 태그 안테나의 임피던스 값은 $16.35+j130.07 \Omega$ 이고, 칩 임피던스는 $16+j131 \Omega$ 이다. 태그 안테나의 임피던스와 칩 임피던스를 식 (2)에 대입하면, 반사계수의 값 $0.012 - j0.028$ 이 구해진다. 계산된 반사계수의 값을 식 (3)에 대입하면, 반사 손

실 값은 -30.34 dB 가 얻어진다. 마찬가지로 7.3 GHz에서 측정된 임피던스는 $45.88+j12.21 \Omega$ 이고, 위와 동일한 방법으로 계산하면 반사계수는 $0.88 - j0.212$, 반사 손실 값은 -0.86 dB 가 된다. 칩 임피던스는 $16 - j131 \Omega$ 으로 고정되어 있기 때문에 0에서 9 GHz까지 측정된 태그 안테나의 임피던스를 식 (2)와 (3)을 통해 반사 손실 값을 구할 수 있고, 그래프로 나타내면 그림 14와 같다. 그림 14로부터 알 수 있는 것처럼, 50 Ω 급전선으로 계산된 것과 잘 일치하였고, 50 Ω 급전선으로 측정된 태그 안테나의 임피던스를 변환하여 비교한 결과도 잘 일치함을 재확인할 수 있었다¹⁸⁾.

그림 15는 볼트와 너트를 포함하고 폴리우레탄과 번호판 사이의 이격이 13 mm일 때 안테나의 반사 손실 비교를 나타낸다. 측정 임피던스의 변환 값은 그림 14에서 측정 임피던스의 변환 값을 구한 방법과 동일하게 구했으며, 50 Ω 급전선으로 하였을 경우 공진주파수는 3.8 GHz이다.

그림 16(a)는 그림 13의 안테나를 전파암실에서 측정된 방사 패턴을 시뮬레이션 결과와 비교하여 나타낸 것이다. 공진주파수 7.3 GHz에서 비교한 전계와 자계의 계산 값은 측정된 값과 잘 일치하는 방사 패턴을 보여준다. 반면, 그림 16(b)는 볼트와 너트 그리고 폴리우레탄을 포함하여 제작된 안테나의 측정된 결과와 시뮬레이션 결과를 비교하여 나타낸 것이다. 3.8 GHz에서 측정된 방사 패턴은 계산된 것과 잘 일치하고 있다. 그림 16(b)를 900 MHz에서 계산된

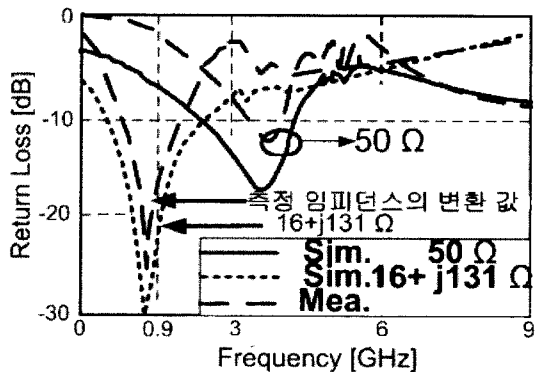
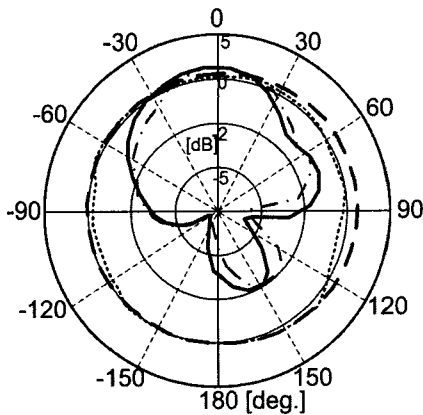
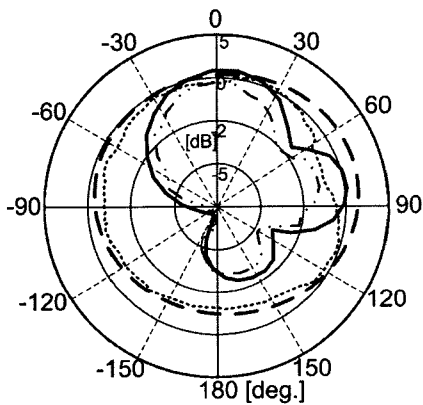


그림 15. 볼트와 너트를 포함한 태그 안테나의 반사 손실 비교
Fig. 15. Comparison of the return loss of tag antenna involved in volt and nut.



— E plane Sim. - - - H plane Sim.
 - - - E plane Mea. — H plane Mea.

(a) 그림 13의 방사 패턴(7.3 GHz)
 (a) Radiation pattern of Fig. 13(@ 7.3 GHz)



— E plane Sim. - - - H plane Sim.
 - - - E plane Mea. — H plane Mea.

(b) 그림 10의 방사 패턴(3.8 GHz)
 (b) Radiation pattern of Fig. 10(@ 3.8 GHz)

그림 16. 볼트, 너트 그리고 폴리우레탄이 없는 50 Ω 급전 태그 안테나와 그들이 부착된 태그 안테나의 계산되고 측정된 방사 패턴

Fig. 16. Calculated and measured radiation pattern of 50 Ω fed tag antenna with and without volt, nut and polyurethane.

그림 12의 방사 패턴과 비교해 보면 유사한 특성을 보이는 것을 알 수 있다. 반면, 그림 16(b)를 그림 16(a)와 비교해 보면 그림 12의 방사 패턴 분석에서 언급했던 것과 같이 폴리우레탄의 영향으로 빔이 갈라지는 것으로 사료된다.

그림 17은 그림 13의 급전점 위치에 칩을 연결하여 각도에 따른 최대 인식 거리를 측정된 결과를 보

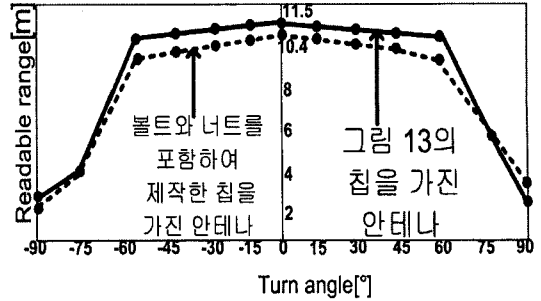


그림 17. 각도에 따른 측정된 최대 인식 거리
 Fig. 17. The measured maximum readable range by angle.

여주고 있다. 또한, 볼트와 너트 그리고 폴리우레탄을 포함하여 제작된 안테나의 인식 거리도 측정되었다. 리더기는 ALIEN사의 ALR-9800(4W EIRP)을 사용하였으며, 이득은 6 dBi, RF power는 30 dBm의 기기를 사용하였다. 안테나가 0도(태그 안테나와 리더 안테나가 서로 마주보고 있는 각도)일 경우, 그림 13의 칩을 가진 안테나의 측정된 인식 거리는 11.5 m였고, 실제 차량에 근접한 구조를 가지는 폴리우레탄이 부착된 태그 안테나의 측정된 인식 거리는 10.4 m의 인식 거리를 보였다. 0도 방향에서 최대 인식 거리가 약 1 m 정도의 차이가 나는 이유는 폴리우레탄과 번호판 사이의 전계 위상 차이에 의한 것으로 사료된다. 또한, 60도 이상이 되면 인식 거리가 급격히 감소되는 것으로 관측되었다. 이는 고정된 리더 안테나에 대해 각도의 변화에 따른 인식 거리를 알아보기 위해 회전하는 태그 안테나의 각도에 따른 안테나 면적이 상대적으로 작아지고, 또한 그림 16에서 보듯이 ±60도를 넘으면 전계 에너지가 급격히 감소되기 때문인 것으로 판단된다.

V. 결 론

본 논문에서는 차량용 번호판을 UHF 대 RFID 태그 안테나로 사용할 수 있도록 설계한 것을 제안하였다. 설계된 안테나의 전체 크기는 차량 번호판의 크기인 335×155×1 mm³ 중 162.5×40×1 mm³이고, 공진주파수는 900 MHz이고 지향성 이득은 4.47 dB이다. 그리고 -10 dB 이하 대역폭은 720 MHz로 광대역을 가진다. 설계된 안테나를 폴리우레탄으로 만들어진 범퍼에 볼트와 너트를 고정하여 부착한 경우와

그렇지 않는 경우의 방사 패턴과 인식 거리를 살펴 보았다. 방사 패턴의 경우, 범퍼를 부착한 태그 안테나의 빔이 두 방향으로 갈라지는데, 그 원인으로서 는 번호판과 폴리우레탄 사이의 거리에 위상 차이로 사료되며, 계산된 방사 패턴과 측정된 방사 패턴은 아주 잘 일치하였다. 그림 13의 안테나에 칩을 연결한 태그 안테나 모델과 범퍼와 태그 안테나를 볼트와 너트로 고정한 모델의 최대 인식 거리는 각각 11.5 m와 10.4 m로 측정되었으며, 기존의 태그 안테나들 보다 매우 우수한 인식 거리를 관측할 수 있었다. 하지만 리더 안테나를 기준으로 태그 안테나를 회전시켜 측정한 결과, $\pm 60^\circ$ 이상일 경우, 리더 안테나에 대한 태그 안테나의 면적이 상대적으로 작아져서 전계 에너지가 감소되며, 이로 인해 인식 거리가 급격히 짧아지는 것을 확인할 수 있었다.

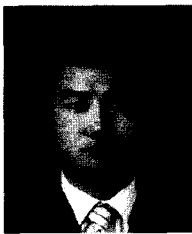
참 고 문 헌

[1] K. Finkenzerler, *RFID Handbook West Sussex England*, Wiley, pp. 12-14, 2003.
 [2] Tseng Jan-Dong, Wang Wen-De, and Ko Rong-Jie,

차량 범퍼에 부착된 번호판용 태그 안테나의 설계

"An UHF band RFID vehicle management system", *Anti-Counterfeiting, Security, Identification, 2007 IEEE International Workshop*, pp. 390-393, Apr. 2007.
 [3] <http://www.mltm.go.kr>
 [4] 이경환, 정유정, "후엽이 작은 장거리 인식용 Yagi-Uda UHF RFID 태그 안테나 설계", 한국전자과학기술논문지, 18(11), pp. 1211-1216, 2007년 11월.
 [5] 이우성, 창기현, 윤영중, 이병무, "대역폭 확장 특성을 갖는 소형 RFID 태그 안테나", 한국전자과학기술논문지, 17(6), pp. 511-518, 2006년 6월.
 [6] <http://www.makeupcar.com>
 [7] 민경식, 김진우, "RFID 태그용 다이폴 안테나의 부착 지판에 따른 실험적 성능 평가", 한국전자과학기술논문지, 18(3), pp. 273-281, 2007년 3월.
 [8] 박건도, 민경식, "910 MHz 대역 RFID용 태그 안테나의 소형화 설계", 한국향해항만학회논문지, 32(5), pp. 363-368, 2008년 6월.

박 대 환



2009년 2월: 한국해양대학교 전파공학과 (공학사)
 2009년 3월~현재: 한국해양대학교 전파공학과 석사과정
 [주 관심분야] RFID, 소형 안테나 설계 등

민 경 식*



1989년 2월: 한국해양대학교 전자통신공학과 (공학사)
 1991년 2월: 한국해양대학교 전자통신공학과 (공학석사)
 1996년 2월: 일본동경공업대학교 전기전자공학과 (공학박사)
 1997년 3월~현재: 한국해양대학교 전파공학과 교수
 [주 관심분야] FDTD 해석법 및 프로그램 개발, RFID, MDM(Magneto-Dielectric Material), MIMO 안테나, 위성통신 및 이동통신용 안테나 설계 등
 *교신저자