



저작자표시-비영리-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

工學碩士 學位論文

이동 통신용 내장형 안테나 및 RFID 태그
안테나의 소형화 및 광대역화를 위한 연구

A Study on Miniaturization and Broadband of
Internal Antenna and/or RFID Tag Antenna for
Mobile Communication



指導教授 閔 庚 植

2009年 2月

韓國海洋大學校 大學院

電 波 工 學 科

金 旻 聖

本 論文을 金旻聖의 工學碩士 學位論文으로 認准함.

委 員 長 : 工學博士 崔 在 薰



委 員 : 工學博士 尹 恰 重



委 員 : 工學博士 閔 庚 植



2009年 2月

韓國海洋大學校 大學院

電 波 工 學 科

金 旻 聖

Contents

| | |
|--|-----|
| Abstract | iii |
| 제 1장 서론 | 4 |
| 제 2장 2-CH WiBro band MIMO 안테나와 PCS 안테나 간의 격리도 향상을 위한 설계 | 6 |
| 2.1 2-CH WiBro band MIMO 안테나 | 6 |
| 2.2 PCS & WiBro용 2D/3D 안테나 | 7 |
| 2.2.1 PCS&WiBro용 2D 안테나 | 8 |
| 2.2.2 PCS&WiBro용 3D 안테나 | 11 |
| 2.3 Summary | 24 |
| 제 3장 RFID 태그 안테나의 소형화 및 광대역화를 위한 설계 25 | |
| 3.1 RFID system | 25 |
| 3.2 RFID 태그 기술 | 26 |
| 3.2.1 임피던스 정합 | 27 |
| 3.3 광대역 소형 RFID 태그 안테나 설계 | 30 |
| 3.4 Summary | 40 |
| 제 4장 차량용 사이드 미러를 이용한 RFID 태그 안테나의 지향 성 설계 | 42 |
| 4.1 차량용 사이드 미러에 부착한 태그 안테나의 지향성 평가 42 | |

| | | |
|------------------------------------|-----------------------------------|----|
| 4.2 | 사이드 미러용 고감도 RFID 태그 안테나의 설계 | 52 |
| 4.3 | 상용 태그의 성능 측정 및 비교 | 62 |
| 4.4 | Summary | 66 |
| 제 5장 결론 | | 68 |
| References | | 71 |
| Publications and Conferences | | 73 |
| Acknowledgment | | 75 |



Abstract

Wireless communication has made dramatic development by communication skill which is transmitted voice and data with advantage of a convenient and movement. The wireless communication is constantly developing in a variety of fields in offering a new service.

This thesis presents internal antenna and/or RFID tag antenna miniaturization and broadband skill for mobile communication. First, it describes about a personal digital assistant antenna's miniaturization and broadband skill, after improving isolation. Second, it appeared the feature about the RFID tag antenna's miniaturization, broadband skill and application. To apply for the vehicles that going in and out system and traffic, tag antenna's position takes advantage of the side-view mirror because most of reader is located on side of a car. Directivity that radiation patterns of tag antenna which is attached on inside of the side-view mirror shows influence of car body(conductor). Readable ranges have been evaluated as reader had received the information from the tag.

This thesis is shown very high isolation and resonable antenna characteristics such as radiation pattern, antenna gain, broadband, antenna size, etc.. Due to these merits of the proposed design techniques, it is expected the proposed design techniques could be applied in the wireless communication and RFID system.

제 1장 서론

무선 통신은 편리성과 이동성을 장점으로 내세워 음성과 데이터를 전송하는 통신 기술로 비약적인 발전을 하였다. 무선 통신 사용자들은 시간, 장소 그리고 행동에 제약 받지 않고 개인 휴대 단말기로 여러 무선 서비스를 이용할 수 있기를 원한다[1].

휴대용 단말기는 휴대, 이동이라는 특수성으로 인해 소형화 및 경량화가 크게 요구되어진다. 대부분의 RF 부품은 칩 형태로 제작되어져 내장되어지고 있다. 안테나 역시 이동 통신 장치와 소자들의 소형화 추세에 맞추어 소형화, 경량화라는 요소를 고려해야한다 [2][3]. 그러나 내장형 안테나는 단말기 내부에 장착되는 안테나이기 때문에 여러 가지 문제점을 지니고 있다. 소형이고 단말기 내부에 장착되기 때문에 안테나의 이득이 감소하게 되며, 단말기 내부의 소자들과 거리가 가깝고 주변의 금속성 재질은 안테나의 특성에 변화를 주게 되어 무선 감도 저하, 수신불량 등의 문제점이 생기게 되고 안테나를 소형화하면서 대역폭과 이득의 감소 등의 문제점이 생긴다.

또한 이동 통신은 초고속 및 고용량 서비스가 계속적으로 요구되어져 오면서, MIMO 안테나 시스템 또는 여러 안테나를 사용하는 시스템을 사용하였다[4]. 하지만 이런 시스템에서는 각 안테나 사이에 발생하는 상호 결합에 대한 영향이 매우 크다[5][6]. 이러한 문제를 해결하기 위해 MIMO 안테나 시스템 또는 여러 안테나를 사용하는 시스템에서 발생할 수 있는 안테나 간의 상호 결합을 억제하고 무선 통신이 원활히 이루어지기 위한 연구와 주변의 금속성 재질에 의한 안테나의 특성 변화에 대한 연구는 필수적이다.

RFID 시스템에서 물체의 크기가 점점 소형화되는 추세에 따라 태그의 소형화에 관한 연구가 필요하다. 또한 태그가 부착되어질 때

비유전율을 가진 매질 또는 금속성 물질에 의한 영향으로 공진 주파수가 천이되는 현상으로 인해 태그의 불인식이라는 결과를 초래하게 된다. 이러한 태그의 불인식을 해결하기 위해 태그의 광대역화는 필수적이다.

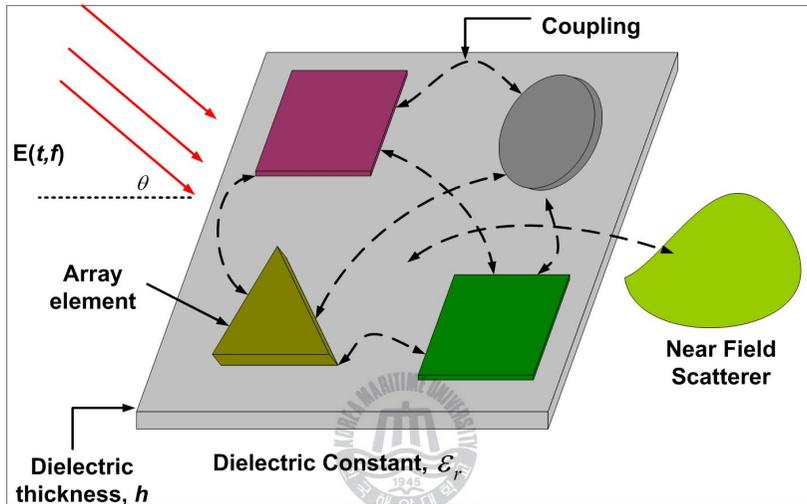


그림 1.1 다중 안테나 시스템에서 발생하는 외부 요인

Fig. 1.1 The external factors which occurs from multiplex antenna system.

본 논문에서는 MIMO 안테나 시스템에 사용될 이동통신 소형 내장형 안테나 설계와 안테나 간의 격리도 향상 기법에 대하여 논하고 소형 광대역 RFID 태그 안테나의 설계와 차량에 적용하여 주변의 금속성 재질(차체)의 영향과 특성의 변화에 대하여 서술하였다. 또한 RFID 시스템에서 Reader의 부착된 위치가 차량의 양 옆에 위치해 있으므로 차량의 사이드 미러를 태그의 부착위치로 정하였고 이에 대한 특성변화 및 지향성에 대하여 연구하였다.

제 2장 2-CH WiBro band MIMO 안테나와 PCS 안테나 간의 격리도 향상을 위한 설계

2.1 2-CH WiBro band MIMO 안테나

PCS 안테나를 설계하기 위한 2-CH WiBro band MIMO 안테나의 구조는 두 개의 WiBro 대역에서 동작하는 미앤더 안테나로 구성된다.凸형 구조의 그라운드로 인해 두 안테나 간 상호결합 특성이 -18 dB 이하인 특성을 가진다[7].

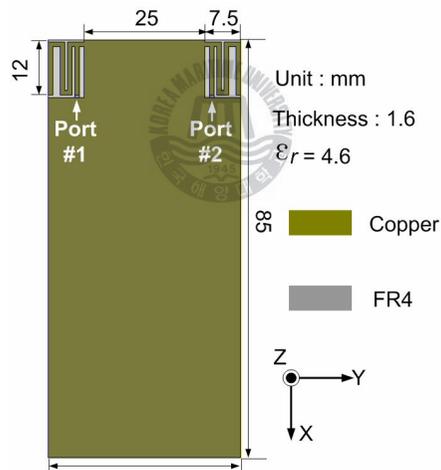


그림 2.1. 2-CH WiBro band MIMO 안테나의 구조

Fig. 2.1 Structure and specification of 2-CH WiBro band MIMO antenna.

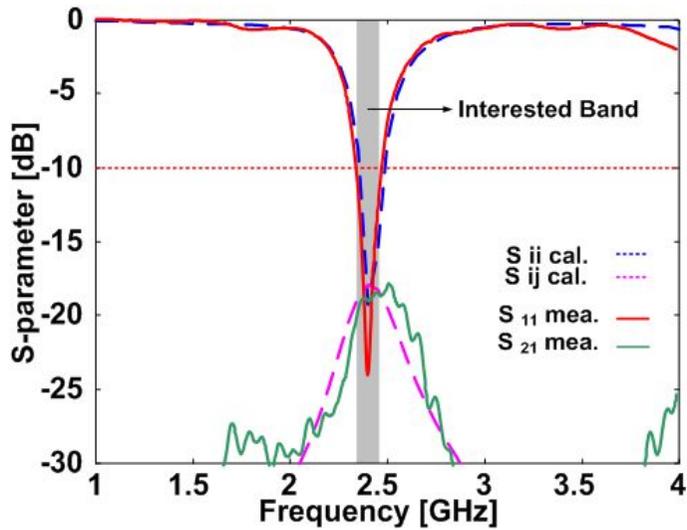


그림 2.2. 2-CH WiBro band MIMO 안테나의 S 파라미터
 Fig. 2.2 S-parameters of 2-CH WiBro band MIMO antenna.

2.2 PCS&WiBro용 2D/3D 안테나

2-채널 WiBro 대역 MIMO 안테나 사이에 PCS 안테나를 추가한 구조를 제안한다. 안테나는 그라운드의 영향을 크게 받는 특성을 가지므로, 그라운드의 변형 없이 안테나를 추가하기 위해 MIMO 안테나 사이의 매우 좁은 공간을 활용하여 PCS 안테나를 설계하였다. 특히 2.1.1장에 나타낸 미앤더 안테나 사이는 25 mm(약 0.19λ)의 매우 좁은 공간이 주어지고 이 공간에 안테나를 추가하는 것은 매우 어려운 일이다. 또한 기존 안테나의 특성을 그대로 유지하면서 PCS 안테나를 좁은 공간에 배치시켜 각각의 독립된 특성을 얻는 것이 중요하다.

2.2.1 PCS&WiBro용 2D 안테나

그림 2.3은 2-CH WiBro band MIMO antenna에 PCS 대역 안테나를 포함하여 다중 대역 안테나의 구조를 나타낸다. 제한된 매우 좁은 공간에 PCS 대역 안테나가 잘 동작되게 하기 위해 구부러진 형태의 IFA로 설계하였다. 일반적으로 IFA의 대역폭은 안테나와 그라운드 사이의 거리에 영향을 많이 받아서 결정되어진다. 그러나 제안된 안테나의 설계에서는 IFA를 구부러진 형태로 설계하였고 그라운드에 슬릿을 사용하여 안테나와 그라운드 사이의 거리를 증가시켰다. 따라서 슬릿의 길이가 1.5 mm에서 가장 넓은 대역폭을 얻었기 때문에 1.5 mm를 선택하였고 각 파라미터는 그림 2.3에 나타내었다.

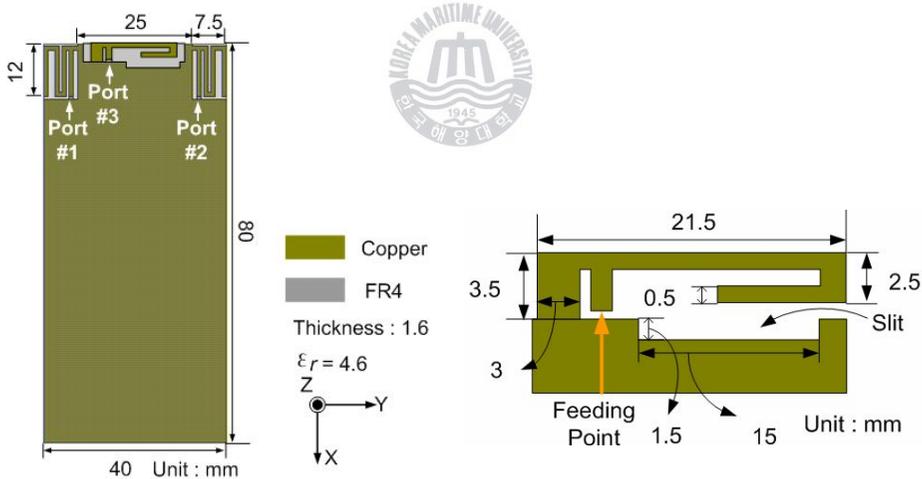
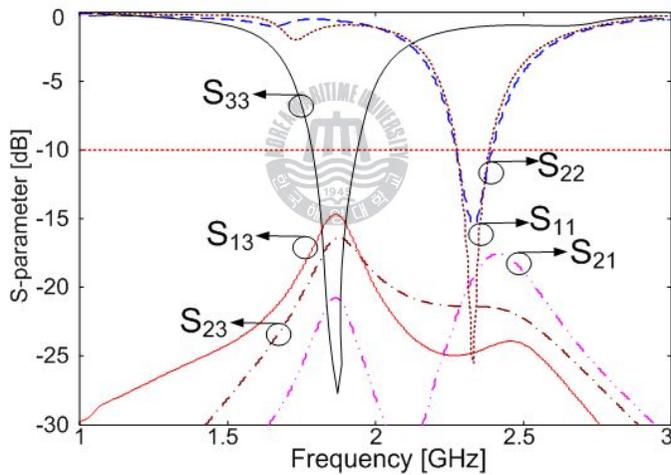


그림 2.3. 제안된 PCS&WiBro용 2D 안테나 구조

Fig. 2.3 A proposed 2D antenna structure for PCS/WiBro band.

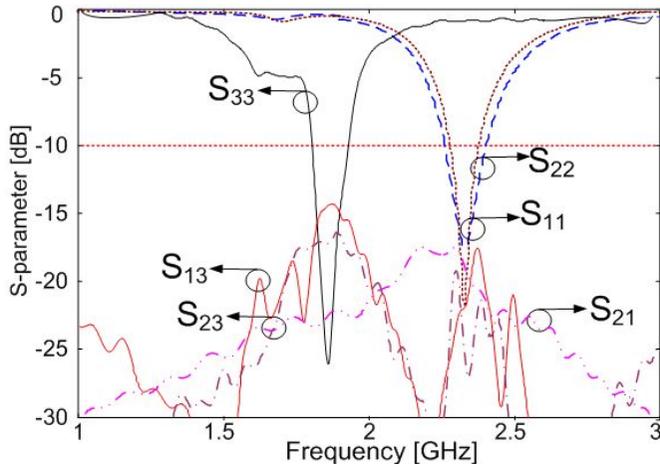
그림 2.4는 제안된 안테나의 계산(a) 및 측정된(b) S-파라미터들을 나타낸다. 제안된 안테나는 각각 PCS와 WiBro 대역에서 잘 동작하도록 최적의 파라미터를 정하였다. PCS용 안테나는 130

MHz(1750 MHz ~ 1880 MHz)의 대역폭을 가지므로 PCS 대역에서 잘 동작할 것이다. 또한 WiBro 대역의 안테나는 PCS 안테나의 영향을 매우 적게 받기 때문에 두 주파수 대역에서 격리도는 -15 dB로 매우 높다. 그림 2.5는 계산(a) 및 측정된(b) 방사패턴을 나타낸다. 실선은 YZ면(자계)을 나타내고 점선은 XY면(전계)을 나타낸다. 제안된 안테나의 자계 패턴은 전형적인 IFA의 자계패턴을 보인다. 제안된 안테나가 Y축으로 구부러진 형태를 가지기 때문에 약간 Y축으로 기울어져 있는 패턴을 보인다. 제안된 안테나의 전계 패턴 역시 전형적인 IFA의 전계 패턴을 보인다. Y축으로 구부러진 형태와 그라운드에 의해서 전계의 주 빔의 방향은 0에서 다소 기울어져 있지만 통신을 하는데 문제가 없을 만큼 좋은 패턴을 가지고 있다.



(a) 계산

(a) calculation

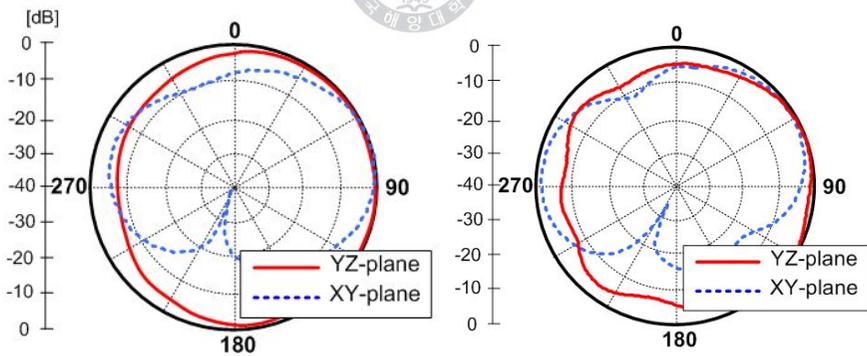


(b) 측정

(b) Measurement

그림 2.4. 제안된 안테나의 S-파라미터

Fig. 2.4 S-parameters of proposed antenna.



(a) 계산

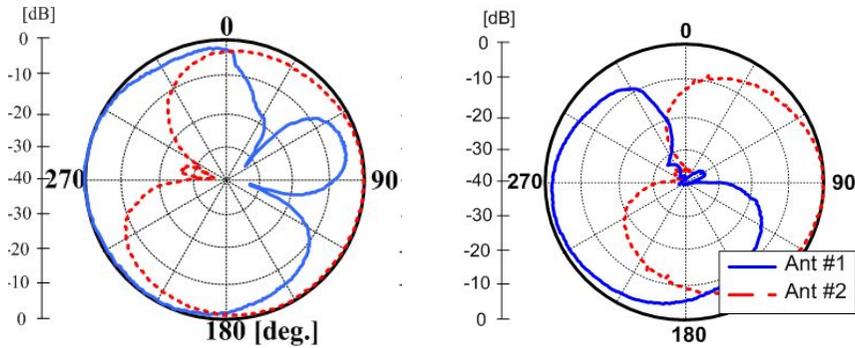
(b) 측정

그림 2.5. 제안된 안테나의 방사패턴

Fig. 2.5 Radiation patterns of proposed antenna.

그림 2.6은 WiBro용 미앤더 안테나의 측정된 방사패턴을 나타낸다. PCS용 안테나가 없을 때(a)와 PCS용 안테나를 추가적으로

설계하였을 때(b)의 방사패턴을 나타내었다. 미앤더 안테나 사이의 그라운드가 없어짐으로써 아래쪽 그라운드로 많은 전류가 흐르게 되어 방사패턴이 다소 아래쪽으로 기울어진 형태를 나타내었지만, 측정된 방사패턴의 전체적인 형태는 매우 유사함을 확인하였다.



(a) PCS 안테나가 없을 때 (b) PCS 안테나가 있을 때
 (a) Without PCS antenna. (b) With PCS antenna.

그림 2.6. WiBro용 미앤더 안테나의 방사패턴.

Fig. 2.6 Radiation patterns of meander antenna for WiBro band.

2.2.2 PCS&WiBro용 3D 안테나

그림 2.7은 3D PCS 안테나의 구조를 나타낸다. 스파이럴 형태의 제안된 PIFA의 특징은 같은 주파수에서 공진하는 일반적인 PIFA 보다 공간을 작게 차지하기 때문에 소형화에 유리하고 다중 공진을 만들 수 있다. 하지만 스파이럴 형태는 일반 안테나에서 흐르는 전류의 방향과 달라지고 대역폭이 좁아지고 안테나 효율이 떨어지게 된다. 본 논문에서는 매우 좁은 공간에서의 설계를 위해, 비록 안테나의 효율이 다소 떨어지지만 소형화에 유리한 안테나 구조를 고려함으로써 격리도를 향상시킬 수 있는 스파이럴 타입의 PIFA 안테나를 설계에 고려하였다. 구조에 의한 저효율을 보상하기 위해

여, 전류의 흐름을 원활하게 하는 설계를 위해 스파이럴 안테나의 위쪽 양 모서리가 굽어진 구조를 가지도록 설계하였다. 그림 2.7에서 a, b, c, h는 격리도를 향상시키고, 반사계수를 최적화하기 위한 설계 파라미터들로써, 이들 파라미터들에 대한 최적의 계산을 행하였다.

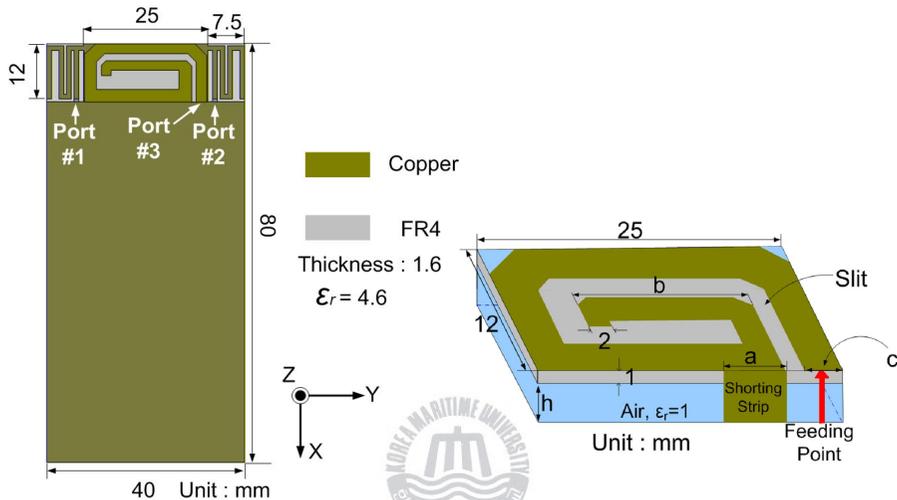


그림 2.7. 제안된 3D PCS 안테나를 포함한 설계 안테나의 구조
 Fig. 2.7 Design antenna structure included proposed 3D PCS antenna.

그림 2.8은 안테나간의 상호결합 특성을 고려하여 안테나의 높이 h를 변화시키면서 최적으로 공진하는 높이를 상용 튜인 HFSS를 이용하여 구하였다. 그림 2.8로부터 알 수 있는 것처럼 그라운드로부터 3 mm의 높이에 PCS용 안테나가 위치할 경우, 가장 잘 공진하는 것을 알 수 있다. 또한 높이의 변화에 따라서 임피던스의 순저항 성분이 영향을 받는다는 것을 알 수 있다.

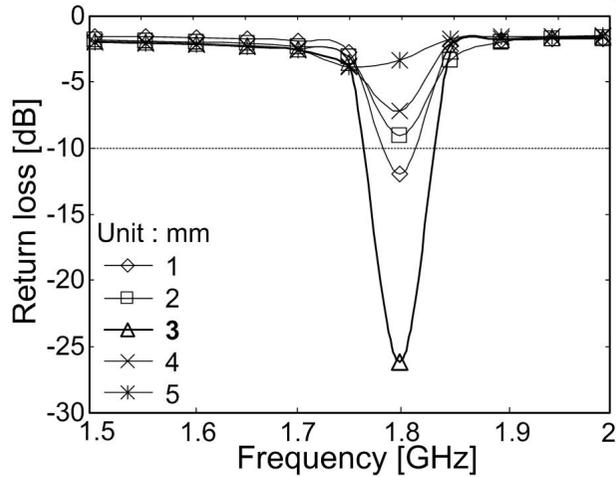


그림 2.8. 높이 h 변화에 의한 반사계수

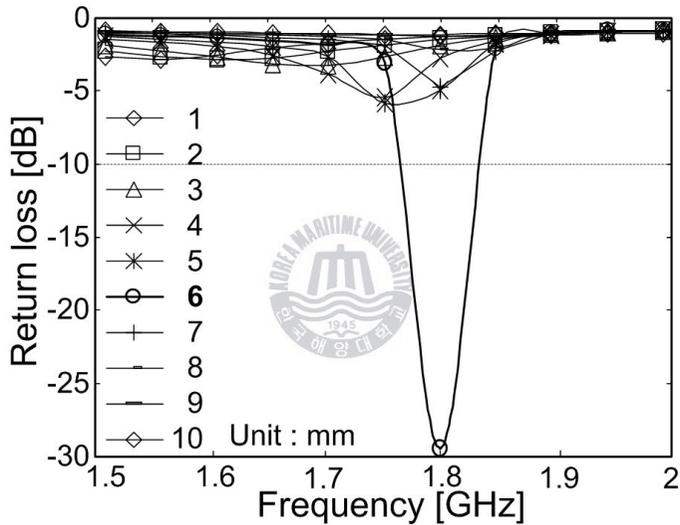
Fig. 2.8 Return loss by height h variation.

그림 2.9(a)~(c)는 그림 2.7에 제안된 PCS 안테나의 각 파라미터에 대한 시뮬레이션 결과를 나타낸다. 그림 2.9(a)는 단락 스트립 선로 a의 폭 변화에 따른 반사 손실 특성 결과를 나타낸다. 단락 스트립 폭을 1 mm에서 10 mm까지 변화시킨 결과 a값이 6 mm일 때 PCS 안테나는 1.8 GHz에서 -29 dB의 우수한 특성을 보였다.

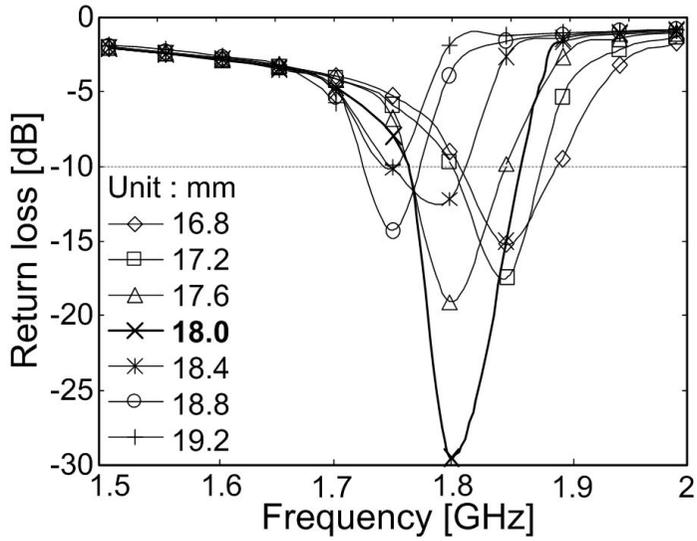
그림 2.9(b)는 스파이럴 안테나의 내부 선로의 길이 b의 변화에 따른 결과를 나타낸 것이다. 16.8 mm에서 19.2 mm까지 변화시켰을 때의 반사 손실 특성을 나타내며, 18 mm일 때 가장 좋은 특성을 보였다. 이 길이가 길어질수록 전체적인 공진 길이가 증가되어 공진 주파수는 하향되며, 임피던스의 변화와 함께 공진 특성이 나빠지는 것을 확인할 수 있다.

그림 2.9(c)는 단락 스트립 선로와 연결되는 안테나의 선로의 폭 c를 변화시켰을 때의 결과를 나타낸다. 그림 2.9(c)는 선로의 폭을 1.9 mm에서 3.1 mm로 0.2 mm씩 변화시켰을 때 결과를 나타낸다. 그림 2.9(c)에서 나타난 결과와 같이 폭이 넓어질수록 공진 특성이

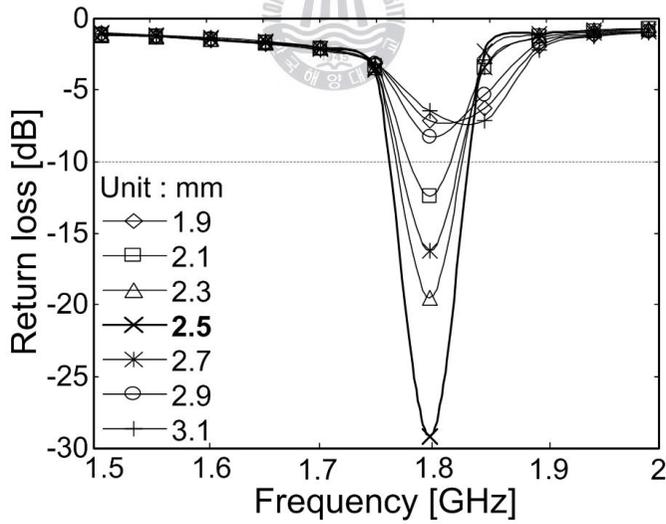
저하되면서 미미하지만 공진 주파수가 높은 주파수 대역으로 이동되는 현상을 보였다. 이러한 현상이 발생하는 이유는 아래쪽 마이크로스트립 선로(급전부에서 단락스트립과 연결되어지는 아래쪽 선로)와 가운데 마이크로스트립 선로(단락스트립에서 위쪽으로 올라가서 안으로 꺾이는 선로) 사이에서 발생하는 커패시턴스의 영향에 의해서 주파수가 고주파 대역으로 이동된다. 여기서 단락 스트립 선로와 만나는 안테나의 선로 폭이 2.5 mm일 때 우수한 특성을 보이는 것을 확인할 수 있다.



(a) a 변화에 의한 결과
(a) Results by a variation.



(b) b 변화에 의한 결과
 (b) Results by b variation.



(c) c 변화에 의한 결과
 (c) Results by c variation.

그림 2.9. PCS 안테나 파라미터에 따른 반사 계수
 Fig. 2.9 Return loss according to parameters of PCS antenna.

그림 2.10은 그림 2.9에 보인 결과에서 선택한 각 파라미터 값들 ($h = 3 \text{ mm}$, $a = 6 \text{ mm}$, $b = 18 \text{ mm}$, $c = 2.5 \text{ mm}$)을 적용하였을 때, 1.8 GHz에서 해석한 안테나의 전류 분포를 나타낸다. 최적 파라미터 값들에 의해 안테나의 방사체부에서 전류가 가장 강하게 분포하고 있음을 확인할 수 있다. 이는 제안된 안테나에서 단락 스트립 선로 a 를 고려해 줌으로써 방사되고 남은 에너지가 모두 그라운드로 흘러들어가도록 하였다. 이러한 구조는 각 안테나 간 격리도를 높여주기 위해 고려된 것이다. 따라서 안테나 방사체에 존재하는 전류와 단락 스트립 선로에 분포되는 전류 분포량으로 안테나의 방사 특성과 격리도 특성을 예측할 수 있다.

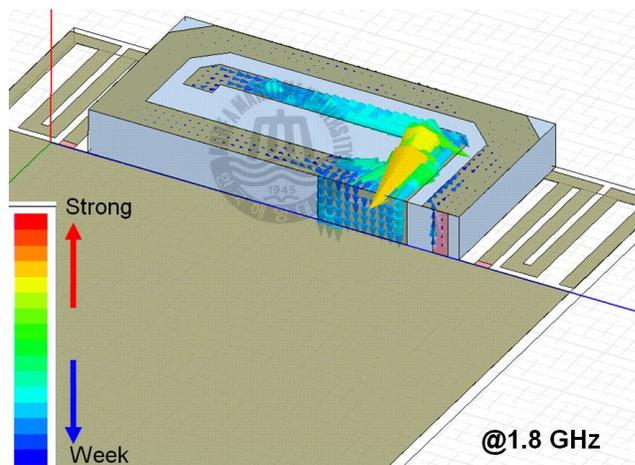


그림 2.10. PCS 안테나의 전류 분포

Fig. 2.10 Current distribution of PCS antenna.

그림 2.11은 PCS 안테나에 단락 스트립 선로가 있는 경우와 없는 경우의 S-파라미터의 결과를 나타낸다. 특히, PCS 안테나의 특성이 WiBro 대역 MIMO 안테나에 어떠한 영향을 끼치는지 나타낸 것이다. 점선과 실선은 각각 단락 스트립 선로가 없을 때와 있을 때

안테나 간 계산된 격리도 특성을 나타낸다. PCS 안테나에 단락 스트립 선로가 있을 때 PCS 안테나와 WiBro 대역 MIMO 안테나의 격리도가 현저히 개선됨을 볼 수 있다. 따라서 단락 스트립 선로가 제안된 PCS 안테나에서 얼마나 중요한 파라미터인지 보여주는 결과라 하겠다. 따라서 그림 2.11로부터 알 수 있는 것처럼 PCS 대역에서는 7 dB 이상, WiBro 대역에서는 3 dB 이상의 개선 결과를 얻을 수 있다.

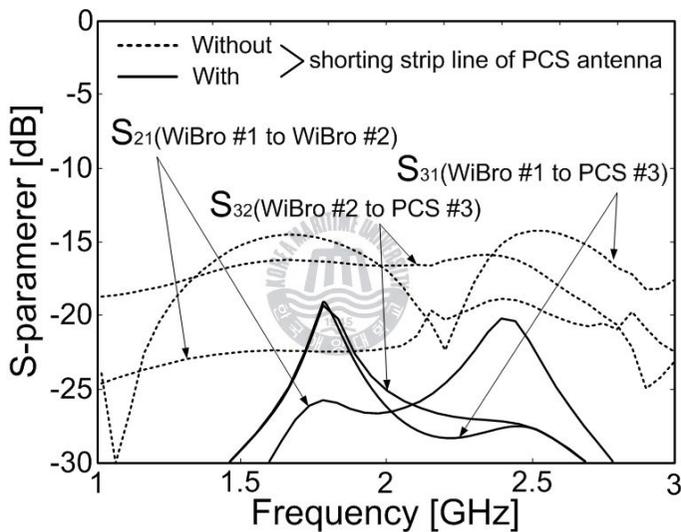


그림 2.11. 각 안테나의 격리도 특성

Fig. 2.11 Isolation characteristics of each antenna.

그림 2.12는 2-채널 WiBro 대역 MIMO 안테나와 제안된 PCS 안테나의 S-파라미터 특성을 나타낸 시뮬레이션 결과이다. WiBro와 PCS 안테나 모두 동작 주파수 대역에서 잘 공진하고 있는 특성을 보이고 있다. PCS 안테나의 대역폭은 -10 dB 이하에서 1.76 GHz ~ 1.87 GHz로 110 MHz이다. 격리도는 PCS와 WiBro 대역에서 최대 -20 dB 이하로 우수한 특성을 보이고 있다. 이 결과로부터 PCS

안테나가 WiBro 대역 MIMO 안테나에 거의 영향을 끼치지 않음을 알 수 있다. 당연한 현상이기는 하나 S_{13} 와 S_{23} 는 매우 유사한 값을 가진다. 이는 PCS용 안테나의 급전부가 WiBro 대역 MIMO 안테나의 2-port에 가깝게 위치함으로써 2-port와 3-port의 상호결합이 1-port와 비교하여 강하게 나타나는 것을 의미한다. 하지만 최적의 설계를 위하여 이 두 port간의 상호결합도 -20 dB를 얻을 수 있었다.

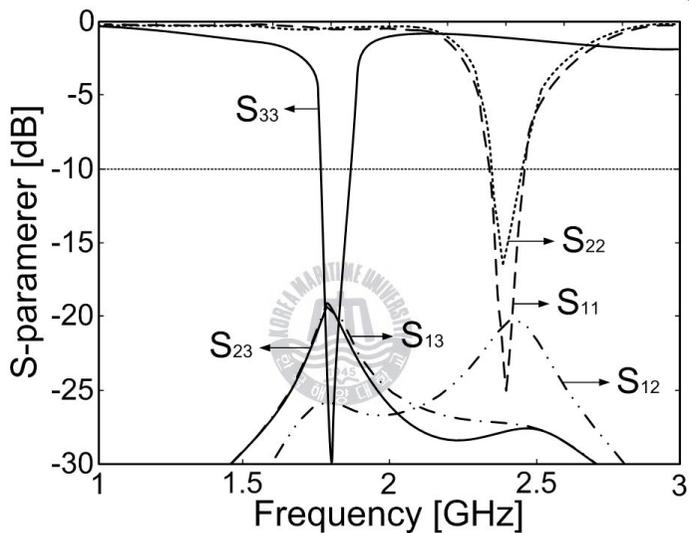


그림 2.12. PCS 대역 안테나를 설계한 2-채널 WiBro 대역 MIMO 안테나의 계산된 S-파라미터

Fig. 2.12 Calculated S-parameters of 2-channel WiBro band MIMO with PCS band antenna.

그림 2.13은 PCS 안테나의 계산된 방사 패턴 특성을 나타낸다. 실선은 안테나의 Y-Z 평면을 나타내고 있으며, 전형적인 H-평면에 가까운 특성을 보이고 있다. 그렇지만 Y-방향으로 방사패턴이 찌그러짐 특성을 볼 수 있는데, 이는 안테나의 급전부가 Y-방향으로 치우쳐져 있기 때문이라고 생각된다. 점선은 X-Y 평면(E-평면) 특성

을 보이고 있다. E-평면은 전형적인 PIFA의 E-평면에 근접한 특성을 잘 나타내고 있다. 패턴의 찌그러짐 현상은 안테나의 단락 스트립 선로의 영향으로 인해 X-방향에서 후엽과 같은 특성을 보이는 것으로 판단된다.

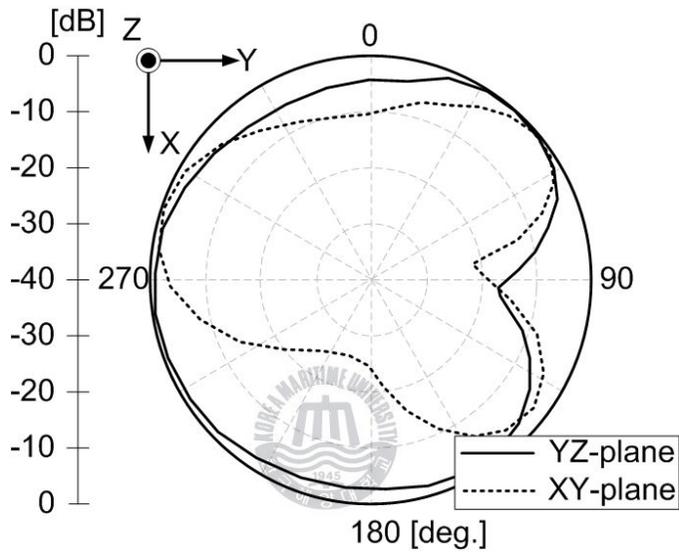


그림 2.13. 1.8 GHz에서 계산된 PCS 안테나의 방사패턴
 Fig. 2.13 Calculated radiation patterns of PCS antenna at 1.8 GHz.

그림 2.14는 제안된 안테나의 측정된 S-파라미터 특성을 나타낸다. 그림 2.14의 측정 결과를 그림 2.12의 계산 결과와 비교해 보면 전반적으로 잘 일치하고 있음을 확인할 수 있다.

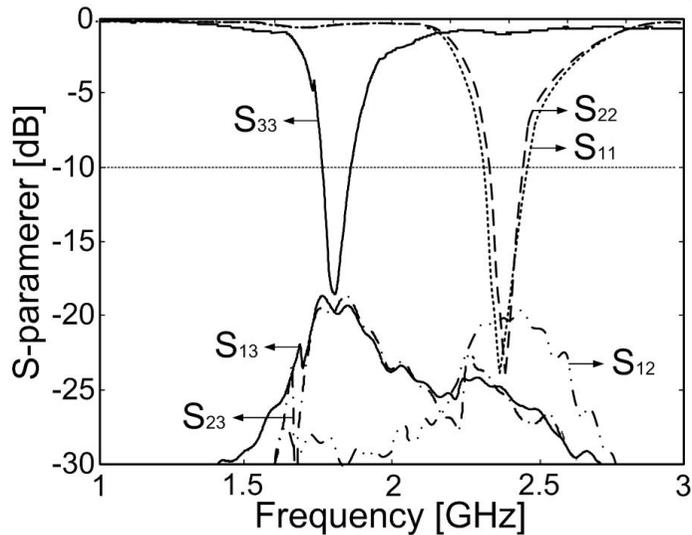
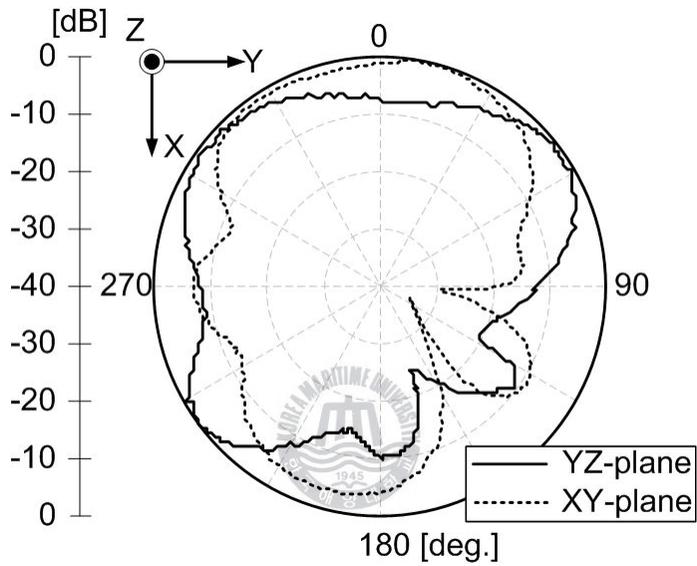


그림 2.14. 2-채널 WiBro 대역 MIMO 안테나와 PCS 대역 안테나의 S-파라미터 측정값

Fig. 2.14 Measured S-parameters of the 2-channel WiBro band MIMO/PCS band antenna.

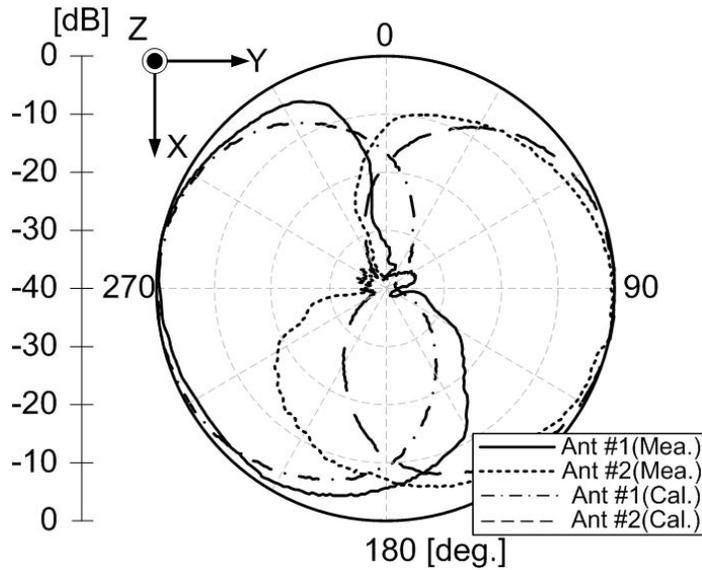
그림 2.15는 제작된 안테나들의 측정된 방사패턴 특성을 각각 나타낸다. 그림 2.15(a)에 보인 PCS 안테나의 측정값 경우, 그림 2.13의 계산된 결과와 그 형상이 일치하지만, 다소 X축으로 기울어진 방사패턴 특성을 보이고 있다. 그림 2.15(a)에 나타난 바와 같이 후엽 특성이 뚜렷한 것은 안테나의 특성을 측정하기 위해 연결한 급전 케이블과 커넥터의 영향으로 사료된다. 그림 2.15(b)는 WiBro 대역 MIMO 안테나의 방사패턴 측정값을 나타낸다. 기존의 2-채널 WiBro 대역 MIMO 안테나의 방사패턴(그림 2.6(a))에 비해 약간 X축으로의 기울어짐이 생기는 이유는 PCS 안테나의 방사패턴과 같이 급전 케이블과 커넥터의 영향으로 판단된다. 또한 단락 스트립에 의해 안테나의 전류가 그라운드로 많이 분포하여 방사패턴의 방향이 그라운드로 향하게 되는 결과를 보인 것으로 사료된다. 2-채널

WiBro 대역 MIMO 안테나 사이에 1-채널 PCS 안테나가 존재하고 있음에도 불구하고 PCS 안테나의 방사 특성이 2-채널 WiBro 대역 MIMO 안테나에 거의 영향을 끼치지 않고 독립적으로 잘 동작하고 있음을 보여주는 아주 매력적인 결과를 얻었다.



(a) 1.8 GHz에서 측정된 PCS 안테나의 방사패턴

(a) Measured radiation patterns of PCS antenna at 1.8 GHz.



(b) 2.3 GHz에서 측정된 WiBro 대역 MIMO 안테나의 방사패턴

(b) Measured radiation patterns of WiBro band MIMO antenna at 2.3 GHz.

그림 2.15. 2-채널 WiBro 대역 MIMO 안테나의 측정된 방사패턴
 Fig. 2.15 Measured radiation patterns of 2- channel WiBro band MIMO.

그림 2.16은 제안된 2-채널 WiBro 대역 MIMO와 PCS 안테나의 이득을 계산하고 측정된 값의 비교를 나타낸다. 점선으로 나타낸 것은 계산된 이득이며, 실선으로 나타낸 것은 측정된 이득이다. 제안된 PCS 안테나는 1.8 GHz에서 0.05 dBi, WiBro 대역 MIMO 안테나는 2.3 GHz에서 2.63 dBi의 특성을 보였다. 대역폭은 일반적인 평면형 IFA와 비슷한 대역폭 특성을 가지며, 안테나 간의 격리도 특성은 2D PCS의 -15 dB(그림 2.4)보다 5 dB 이상 향상된 -20 dB의 개선된 결과를 보였다.

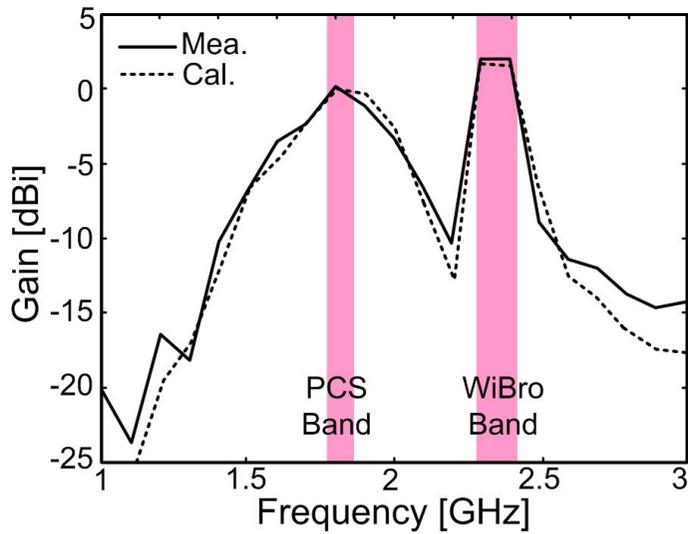
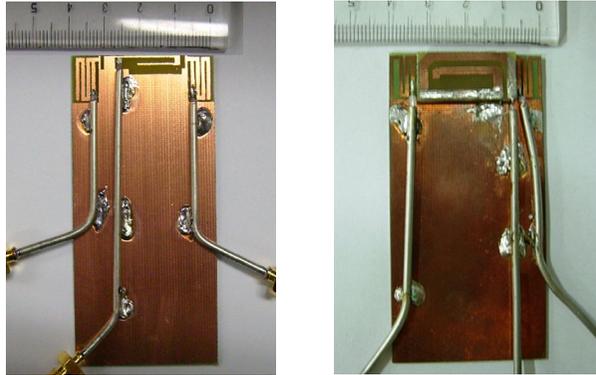


그림 2.16. 2-채널 WiBro 대역 MIMO와 PCS 안테나의 이득
 Fig. 2.16 Gain of the 2-channel WiBro band MIMO and PCS antenna.

그림 2.17은 2-채널 WiBro 대역 MIMO/PCS 대역 안테나의 제작된 사진을 나타낸다. 양측 상단이 WiBro 대역에서 동작하는 2-채널 안테나이며, 중심에 나타나 있는 것이 본 논문에서 제안한 2D/3D PCS 안테나이다. 3D PCS 안테나에서 3 mm의 공기층 부분은 비유전을 1을 가지는 공기에 가까운 스티로폼을 이용하여 제작하였다.



(a) 2D PCS/WiBro antenna (b) 3D PCS/WiBro antenna

그림 2.14. 제작된 안테나 사진

Fig. 2.14 A photograph of the fabricated antenna.

2.3 Summary

본 논문에서는 휴대 단말기용으로 설계된 WiBro-MIMO 안테나에 두 종류의 PCS 안테나를 제안하였다. 측정된 2D와 3D의 대역폭은 각각 130 MHz와 110 MHz이다. 매우 좁은 공간에 안테나를 설계하기 위해 slit을 이용하여 소형화를 하였으며 3D PCS 안테나의 협대역 특성을 보완하기 위하여 3 mm의 공기층을 삽입하여 대역폭을 확장하였다. 2차원적인 구조로 설계된 IFA 안테나는 -15 dB의 격리도 특성을 보였으며, 3차원적인 구조와 변형된 PIFA 형태의 제안된 안테나는 높이를 가짐으로써 -20 dB로 매우 높은 격리도 특성을 보였다. S-파라미터와 방사패턴이 계산치와 매우 유사함으로써 측정의 타당성을 보여주고 있으며, 제안한 안테나는 PCS 주파수 대역에서 잘 동작하는 특성을 보였다. 특히 2-채널 WiBro 대역 MIMO 안테나의 기존 성능에 거의 영향을 끼치지 않음을 반사 손실 특성과 방사패턴 결과로부터 확인하였다.

제 3장 RFID 태그 안테나의 소형화 및 광대역화를 위한 설계

3.1 RFID System

RFID는 고유의 정보를 보관하는 트랜스폰더와 판독 및 해독 기능을 하는 판독기, 데이터를 처리하기 위한 컴퓨터와 같은 장비 그리고 ERP(Enterprise Resource Planning)나 SCM(Supply Chain Management) 등의 응용프로그램으로 구성된다. 판독기에서는 태그로부터 송수신되는 신호를 처리하여 메모리에 저장하거나 일련의 데이터 처리를 통해 향후 송신 가능하도록 하는 역할을 수행한다. 태그는 무선 주파수를 발산하는 반도체 칩에 용도에 맞게 설계된 판독기로 정보를 송출 및 저장하는 역할을 한다. 그림 1.1은 RFID 시스템의 간단한 구성도를 나타낸다.

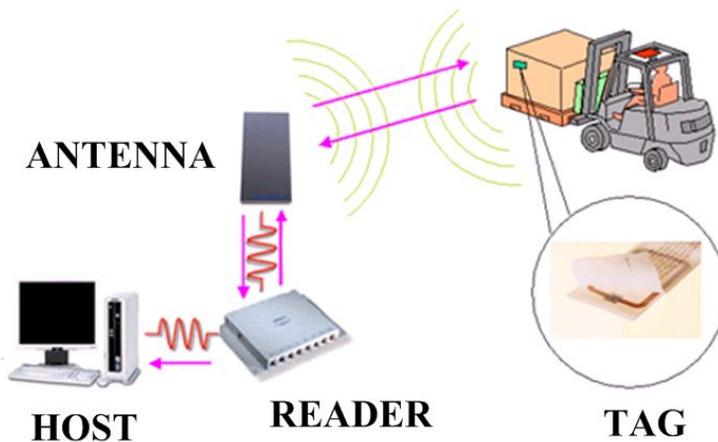


그림 3.1. RFID 시스템의 구성도.

Fig. 3.1 Configuration of RFID system.

대부분의 RFID 시스템은 용도에 맞게 최적화 설계되어 있으며, 기본적인 동작 원리는 다음과 같다. 우선 태그가 안테나의 전자기장 내를 통과하면 판독기로부터 신호를 감지하여 태그 내에 저장된 데이터를 판독기로 송부한다. 태그로부터 데이터를 수신한 판독기는 신호를 변환하여 정상적인 데이터 인지를 검증한 후 정상적인 경우 RS-232, RS-422 및 RS-485 등을 통하여 컴퓨터와 다른 컨트롤러로 전송에 필요한 정보를 가공한다.

RFID 시스템은 저주파(125 kHz, 135 kHz), 고주파(13.56 MHz), 극초단파 (433.92 MHz, 860~960 MHz) 및 마이크로파(2.45 GHz) 등 여러 무선 주파수 대역을 이용하며, 주파수 대역별로 응용 분야가 틀리다. RFID 시스템은 무선접속 방식에 따라 상호 유도 (Inductively Coupled) 방식과 전자기파(Electromagnetic Wave) 방식으로 구분되며 상호 유도 방식은 근거리, 전자기파 방식은 중장거리용 RFID로 사용한다[8].



3.2 RFID 태그 기술

다양한 물품에 부착되는 RFID 태그는 그림 3.2와 같이 칩과 안테나로 구성되고 칩에는 사물의 유일 식별 코드나 정보를 저장하며 리더의 요청에 의해 또는 상황에 따라 스스로 외부에 자신의 정보를 전송·수신하며 적용 분야에 따라 다양한 형태 및 재질로 만들어진다.

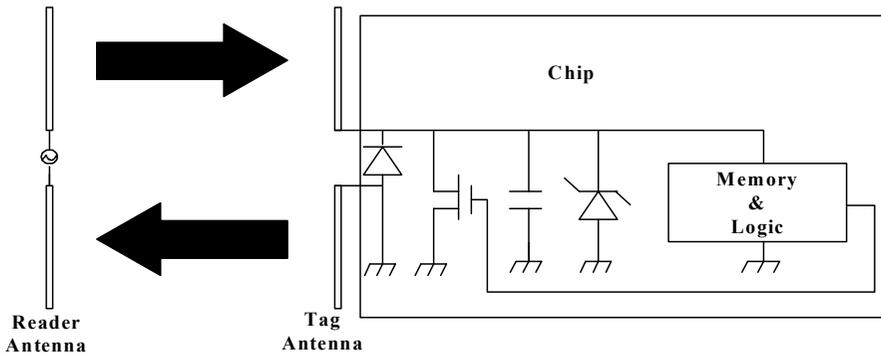


그림 3.2 RFID 태그 구성도.

Fig. 3.2 Configuration of RFID tag.

RFID 태그용 안테나는 전기적 요구 성능뿐만 아니라 칩 및 패키지와 결합이 용이하고 태그가 부착되는 물질 및 환경에 영향을 받지 않아야 한다. 13.56 MHz 대역에서는 부하 변조 기능을 할 수 있도록 칩의 제어에 따라 임피던스를 변경할 수 있는 구조와 900 MHz 대역의 수동형에서는 전력 변환 효율을 높일 수 있도록 칩의 입력 임피던스와 정합 기술이 필요하다. 태그의 글로벌 사용을 위해 860~960 MHz 대역에서 동작하는 소형의 광대역 안테나가 요구되며, 제작비용을 줄이기 위한 단일층 구조와 소형으로 100 MHz의 대역폭을 만족시키는 새로운 안테나 기술 개발이 필요하며 현재 다이폴 안테나가 주로 사용되고 있으나 소형화를 위해 Fractal 및 Meander Line 안테나 기술이 개발되고 있다.

3.2.1 임피던스 정합

일반적으로 태그의 제작단가를 낮추기 위하여 태그 안테나와 칩은 별도의 부가회로 없이 직접 연결된다. 보통 태그 칩의 RF front end는 쇼트키 다이오드와 커패시터를 이용한 정류 및 검파 회

로 구성되어 있으며, 복소 임피던스를 가진다. 회로의 구성 및 쇼트키 다이오드 특성은 칩 제조사마다 다르므로 칩의 입력 임피던스 또한 제조사마다 다르다. 또한, 다이오드 회로의 비선형성으로 인하여 칩의 임피던스는 칩에 인가된 전압에 따라서도 달라진다.

일반적인 무선통신 시스템에서 대부분의 안테나들은 50 Ω이나 75 Ω에 정합되도록 설계한다. 최근 문헌에 발표된 일부 RFID 태그 안테나의 경우에도 50 Ω에 정합되도록 설계되어 있으며, 태그 칩의 정합을 위하여 추가적인 정합회로를 요구하고 있다. 그러나 수동형 RFID 태그의 경우, 제작 단가 및 제작상의 문제로 인하여 추가적인 정합회로를 두는 것은 사실상 불가능하며 안테나와 태그 칩의 직접적인 정합이 요구되고 있다. 또한 태그 칩의 단가를 낮추기 위해서는 칩의 크기를 줄이는 것이 필수적인데, 커패시터와 인덕터의 조합으로 구성되는 정합회로는 칩에서 많은 면적을 요구하게 되므로 비용 측면에서 이를 칩 내부에 포함하기도 어렵다.

RFID 태그에서 태그 칩에 전달되는 전력은 식 (1)과 같다.

$$P_c = (1 - |\Gamma|^2) P_w \quad (1)$$

여기서 P_c 는 태그 칩에 전달되는 전력이며, P_w 는 태그 안테나가 칩과 완전한 공액정합이 되었을 때 칩에 전달되는 최대 가용 전력(maximum available power)이고, Γ 는 안테나와 칩 사이의 반사계수(reflection coefficient)로서 식 (2)와 같다.

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

Z_a 는 태그 안테나의 임피던스이며 Z_c 는 칩 안테나의 임피던스이며,

$Z_a = Z_c^*$ 인 경우 $\Gamma = 0$ 이 되며 따라서 $P_c = P_{av}$ 가 된다.

식 (2)에서 태그 칩의 임피던스가 주어졌을 때, 안테나 임피던스의 변화에 따른 반사손실의 변화를 그래프로 나타낼 수 있다. 식 (2)를 적절히 변형시키면 식 (3)을 얻을 수 있다.

$$\left(R_a - \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} R_c\right)^2 + (X_a + X_c)^2 = \left(\frac{2\sqrt{|\Gamma|}}{1-|\Gamma|} R_c\right)^2 \quad (3)$$

안테나 임피던스 (Z_a)를 변수로 가정할 때, 식 (3)은 중심이 $\left\{ \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} R_c, -X_c \right\}$ 이고 반지름이 $2\sqrt{|\Gamma|}/(1-|\Gamma|)R_c$ 인 원의 방정식이다. 그림 3.3은 $Z_c = 6.2 - j127 \Omega$ 을 가정하였을 경우, 안테나 임피던스에 따른 반사 손실의 변화를 등고선도로 나타낸 것이다. RL(Return Loss)은 반사 계수를 의미하고 원 내부의 영역은 만족하는 반사 계수 영역을 나타낸다. 태그가 만족하는 칩 임피던스와 최소 반사손실이 주어졌을 때, 이를 만족하는 안테나 임피던스 영역은 원의 내부로 제한된다. 식 (3)에서 태그 칩 임피던스의 Q가 매우 큰 경우 ($|X_c| \gg R_c$), 안테나 임피던스의 리액턴스 성분(X_a)은 주파수의 작은 변화에도 반경 $2\sqrt{|\Gamma|}/(1-|\Gamma|)R_c$ 인 영역을 쉽게 벗어나게 되므로 안테나의 대역폭이 상당히 작아지게 된다. 실제로는 주파수에 따라 Z_c 도 변화하므로, 임피던스 정합은 더욱 복잡하다[9].

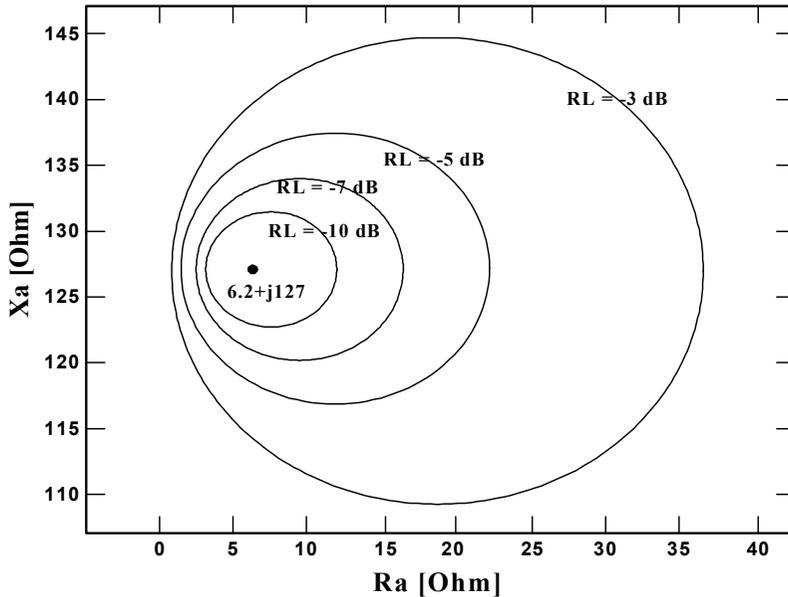


그림 3.3 안테나 임피던스의 변화에 따른 반사 손실의 변화.
 Fig. 3.3 Return loss of antenna with respect to impedance variation

3.3 광대역 소형 RFID 태그 안테나 설계

세계적으로 태그에 사용되는 칩은 IC 기술의 발달로 인하여 초소형화되고 있는데 반해, 안테나는 파장에 따라 물리적인 크기가 결정되므로 소형화에 어려움이 있다. 따라서 RFID 태그 안테나는 폴디드 다이폴 안테나, 스파이럴 안테나와 같은 선형 안테나가 주로 이용되어져 왔다.[10] 또한, 루프 안테나를 이용한 RFID 태그용 안테나도 연구되어져 왔으며, 루프 안테나를 소형화하기 위해 fractal 구조, Hilbert curve, 루프 내 미앤더라인 등을 적용하여 안테나를 소형화하는 연구들이 행해져 왔다.[11] 또한 소형화에 의한 이득 감소, 대역폭 감소 등 소형화 설계 시에 발생하는 문제점의 해결과 소형화 및 광대역화 기법에 대한 연구가 많이 진행되고 있다[12][13].

그림 3.4는 제안된 대칭 루프형 구조의 태그 안테나를 설계한 모델을 나타낸다. 그라운드가 없는 안테나에서 대칭구조를 가짐으로써 대역폭이 늘어나는 특성을 이용하여 루프 안테나를 대칭적으로 설계하였다.

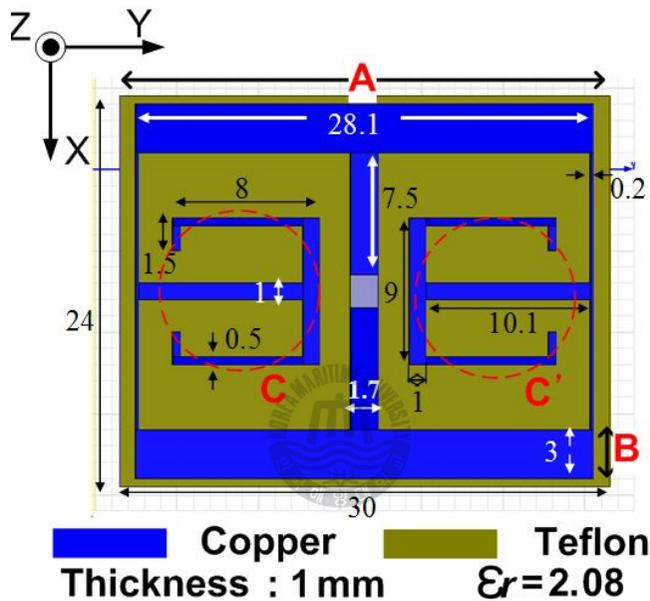


그림 3.4. 대칭 루프 형태를 가지는 제안된 태그 안테나의 구조

Fig. 3.4 Proposed tag antenna structure with symmetrical loop type.

루프안테나는 일반적인 다이폴 안테나와 크기를 비교해보면, 크기가 작고 낮은 임피던스를 가지는 태그의 칩 임피던스와의 정합에 유리한 반면에 방사 이득이 매우 낮아 인식거리가 짧은 단점이 있다[14][15]. 따라서 제안된 안테나는 루프 구조를 취함으로써 칩 임피던스와의 정합을 유리하게 취하여 광대역 특성을 얻고, 다이폴 안테나의 구조설계로부터 전계지향성을 가지며 루프안테나에 비해 고

이득을 얻음으로써 인식거리를 개선할 수 있었다.

그림 3.5 ~ 3.7은 그림 3.4에 제안된 태그 안테나의 각 파라미터에 대한 시뮬레이션 결과를 나타내었다. 그림 3.5는 태그 안테나의 가로 길이 'A'의 변화에 따른 반사 손실 특성 결과를 나타낸다.

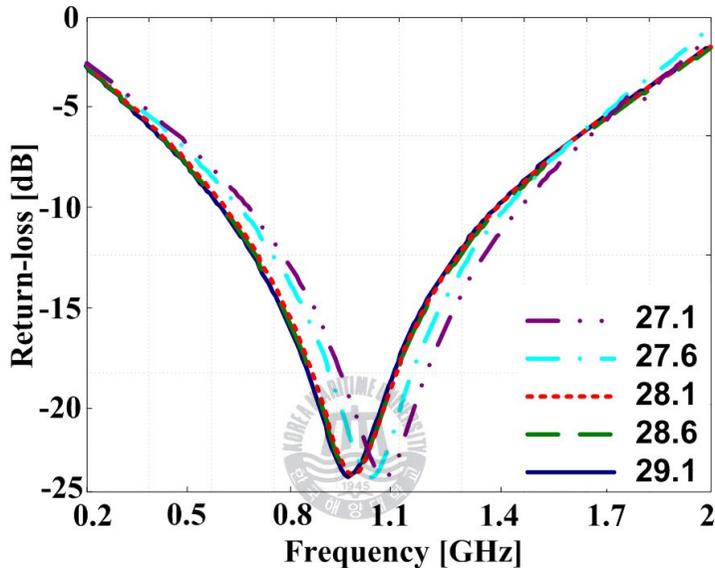
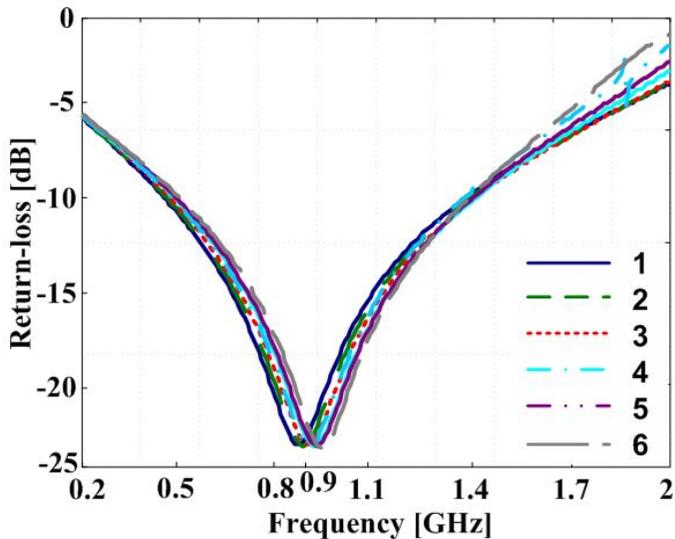


그림 3.5.. A 변화에 의한 반사 손실
Fig. 3.5 Return loss by A variation.

안테나의 전체 길이를 늘려 주면 전기적 길이가 늘어남으로써 파장이 길어져 저주파수 대역으로 공진 주파수가 이동한다. 하지만 그림 3.5로부터 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.

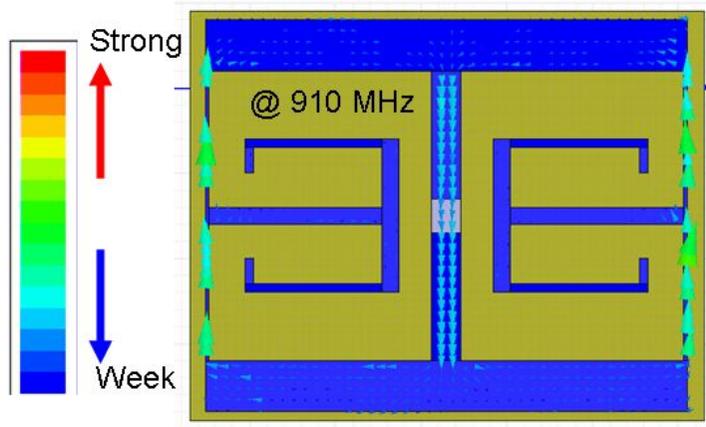
그림 3.6은 태그 안테나의 위와 아래 선로 폭 'B'의 변화에 따른 반사 손실과 방사패턴 및 이득 결과를 나타낸다. 그림 3.6(a)에서 알 수 있는 것처럼 'B'는 반사 손실과 공진 주파수에는 크게 영향을 주

지 않는 것을 확인할 수 있다. 그림 3.6(b)는 선로의 폭 'B'가 3 mm 일 때, 910 MHz에서 흐르는 전류의 세기와 방향을 보여주고 있다. 그림 3.6(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 그림 3.6(c)와 같이 태그 안테나의 편파를 직선편파로 만들고 증가적으로 태그의 면적을 넓혀주는 효과로부터 이득이 상승하여 최대 이득을 0 dB 이상으로 향상 시킬 수 있음을 확인하였다. 그리고 그림 3.6(c)로부터 알 수 있는 것처럼 'B'가 3 mm 일때 이득이 0.32 dB로 4 mm 일때의 0.27 dB보다 양호한 결과를 얻었다. 이 결과를 근거로 B의 폭은 3mm로 정하였다.



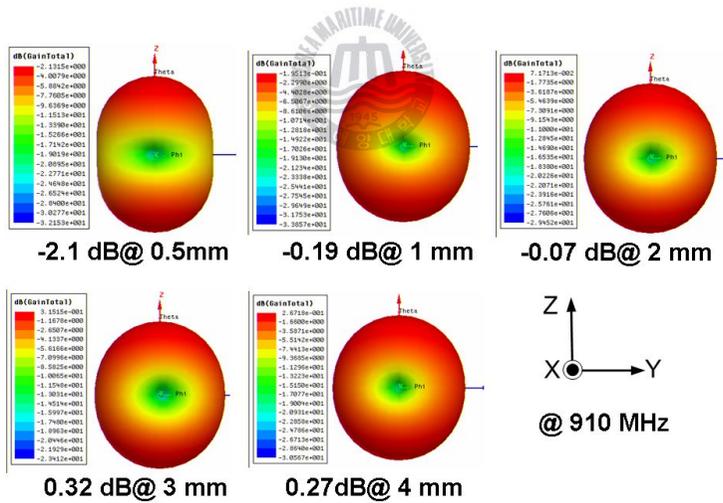
(a) B 변화에 의한 반사손실

(a) Return loss by B variation.



(b) B 변화에 의한 전류 분포

(b) Current distribution by B variation.



(c) B 변화에 의한 방사패턴 및 최대 이득

(c) Radiation pattern and maximum gain by B variation.

그림 3.6. B 변화에 의한 계산된 결과

Fig. 3.6 Calculated results by B variation.

그림 3.7은 그림 3.4에서 보여준 루프 안에 임피던스 매칭소자 (C, C')의 길이를 대칭적으로 변화시켰을 때의 반사손실의 계산 결과를 나타낸다. 'C, 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 크기조절로부터 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.

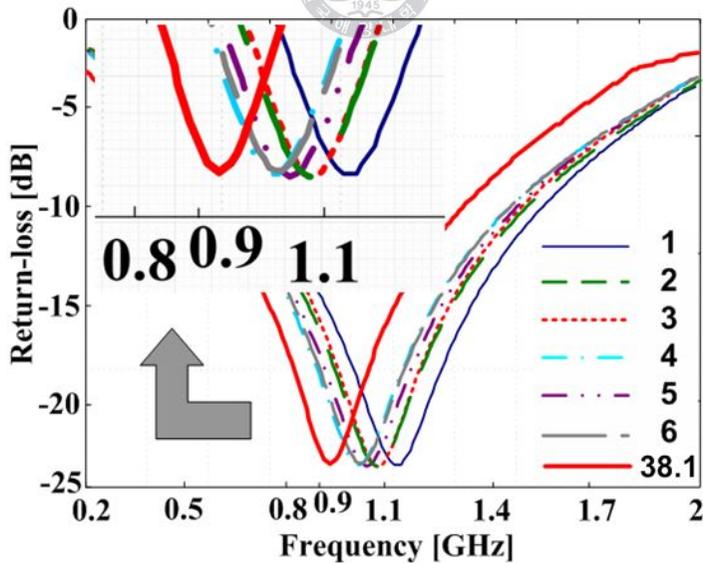


그림 3.7. C 변화에 의한 반사 손실
 Fig. 3.7 Return loss by C variation.

그림 3.8은 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 측정한 반사손실의 값을 나타낸다. 910 MHz 에 공진하는 태그 안테나를 50Ω 입력 임피던스를 적용하여 계산하고, 그 값을 50Ω 포트를 사용하여 측정한 값과 비교하였다. 또한 계산과 측정의 타당성을 재확인하기 위해 그림 3.4의 안테나를 50Ω 포트를 사용하였을 경우 계산 값은 3.95 GHz 에서 공진하였고 측정 값은 3.97 GHz 에서 공진하였다. 50Ω 포트를 사용하여 측정한 값을 스미스차트를 이용하여 각 주파수에서의 임피던스를 확인하였다. 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. 50Ω 포트로 측정된 데이터를 이용하여 $16 + j131 \Omega$ 으로 설계된 이론치와 비교하기 위해 임피던스 변환한 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.

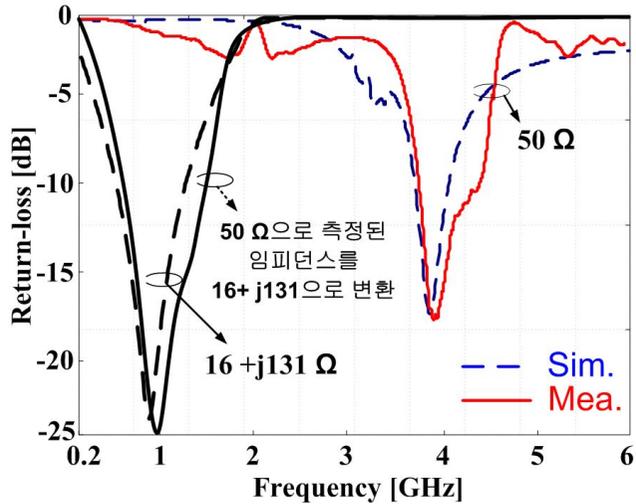
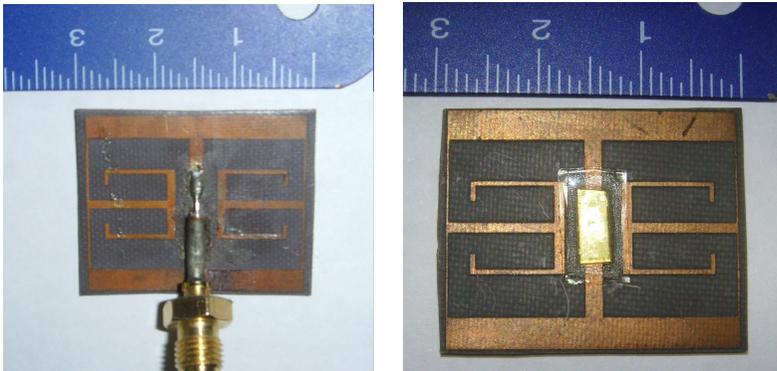


그림 3.8. 계산된 반사손실과 측정된 반사손실의 비교

Fig. 3.8 Comparison between calculated and measured return loss.

그림 3.9는 제안된 태그 안테나의 방사패턴을 측정하고 인식거리를 측정하기 위해 구현한 측정 환경과 제작된 태그 안테나의 사진을 보여주고 있다. 그림 3.9(a)는 50 Ω 포트를 이용하여 제작한 태그안테나(좌)와 임피던스가 $16 - j131 \Omega$ 인 칩을 부착하여 제작한 태그(우)의 사진이다.



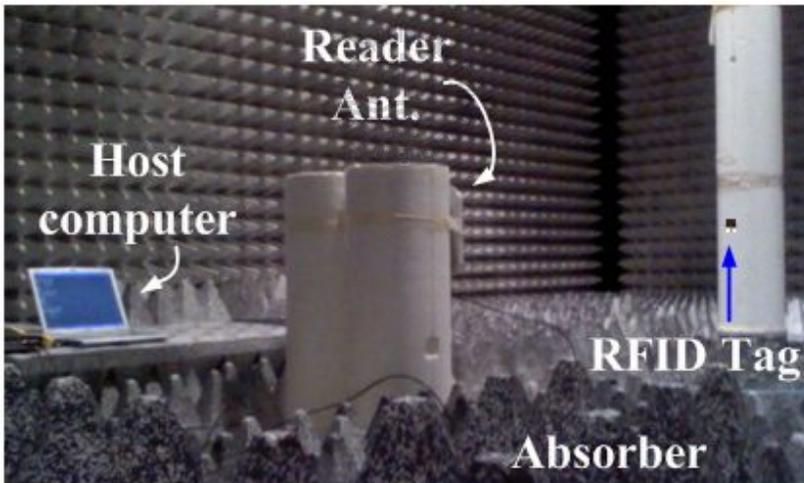
(a) 제작된 태그 안테나

(a) Fabricated tag antenna.



(b) 방사패턴 측정

(b) Measurement for radiation pattern.



(c) 인식거리 측정

(c) Measurement for Reader range.

그림 3.9. 제작된 태그 안테나의 측정 환경

Fig. 3.9 Measurement environment of fabricated tag antenna.

그림 3.10은 시뮬레이션 툴로 칩 임피던스와 공액 정합하여 계

산된 방사패턴(910 MHz)과 50 Ω 포트로 계산된 방사패턴(3.95 GHz) 및 그림 3.9(b)에서 보여준 측정환경에서 50 Ω 포트 측정된 방사패턴을 비교하였다.

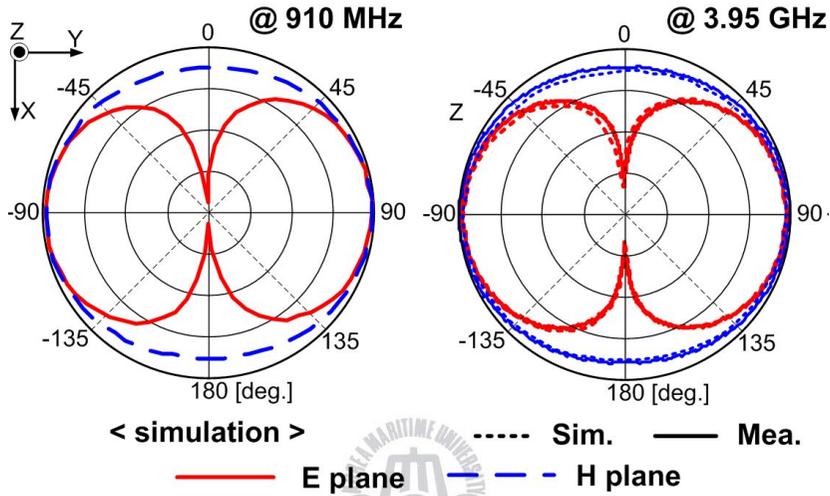


그림 3.10. 계산된 방사패턴과 측정된 방사패턴의 비교

Fig. 3.10 Comparison between calculated and measured radiation patterns.

그림 3.11은 그림 3.9(c)에서 보여준 측정환경에서 리더기(Alien사의 9800 Reader System)를 이용하여 인식각도에 따른 인식거리를 측정하였으며 그 값들을 표 3.1에 나타내었다. 리더기 안테나의 이득은 6 dBi이다.

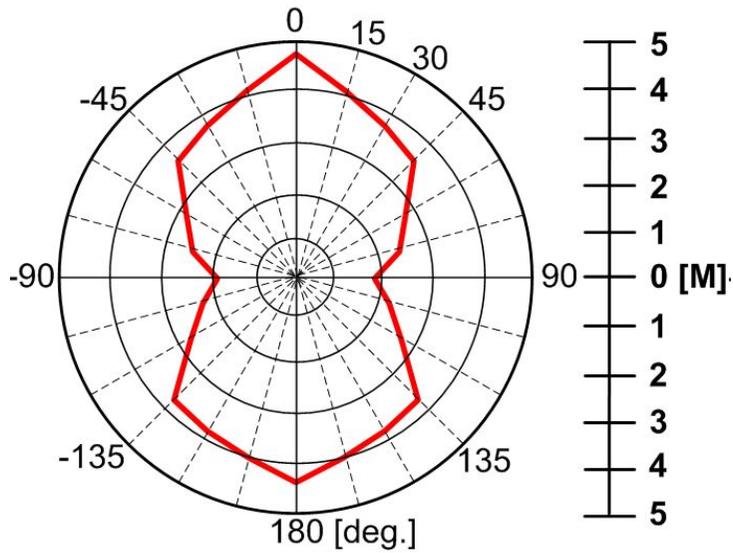


그림 3.11. 태그 안테나의 인식거리

Fig. 3.11 Readable range of tag antenna.

표 3.1. 태그 안테나의 인식거리

Table 3.1. 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 |

3.4 Summary

본 논문에서는 광대역 소형 RFID 태그 안테나의 설계 및 측정에 대하여 서술하였다. 태그 안테나의 구조를 대칭 루프형으로 설계하였으며, 제안된 태그 안테나는 30 mm × 24 mm × 1 mm로 매우

작으며, 910 MHz에서 공진하였다. 대역폭은 780 MHz(540 MHz ~ 1320 MHz)로 광대역 특성을 가지며, 칩 임피던스는 $16 - j131$ Ω 을 사용하였다. 방사패턴은 전계와 자계 모두 일반적인 다이폴 안테나와 같은 방사패턴을 나타내었다. 태그 자체의 인식거리는 최대 4.6 m이고 5회 평균 4 m로 측정되었다.



제 4장 차량용 사이드 미러를 이용한 RFID 태그 안테나의 지향성 설계

4.1 차량용 사이드 미러에 부착한 태그 안테나의 지향성 평가

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 설치하고, 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 방법의 역할도 기대된다. 이러한 서비스를 제공하기 위하여 차량에 부착될 RFID 태그의 위치가 고려되어지고 있으며, 전 세계적으로 차량

용 RFID에 관한 많은 연구가 진행되고 있다[16][17].

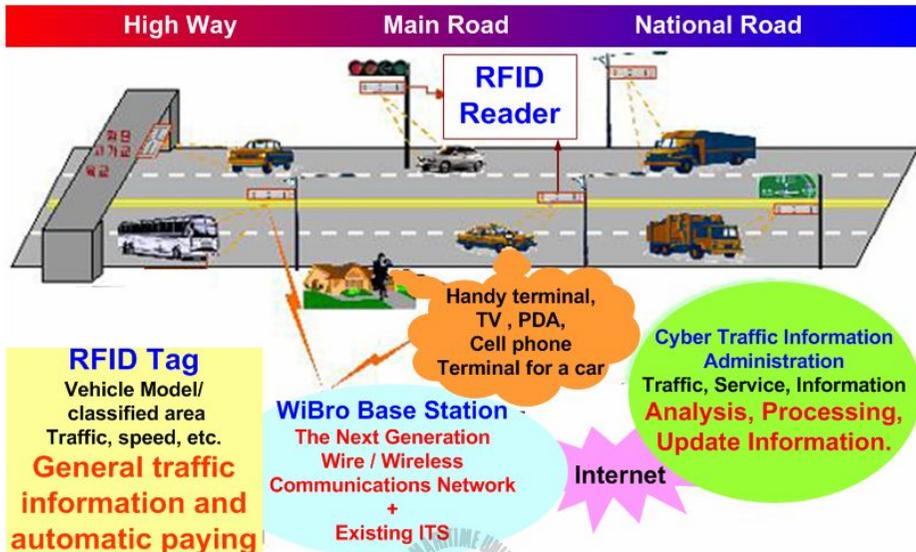


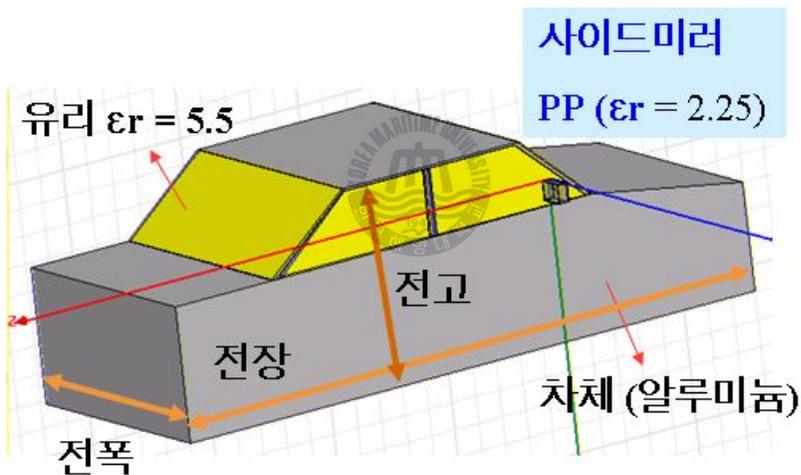
그림 4.1. 차량의 사이드미러에 부착된 RFID 태그의 가상적 사용 예
 Fig. 4.1 Example of the virtual use RFID tags attached to the car's sideview mirror.

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. 차량 사이드미러를 이용하여 UHF대역 태그를 부착하였을 때의 방사패턴 및 차체에 의한 영향과 특성변화에 대하여 논하고자한다.

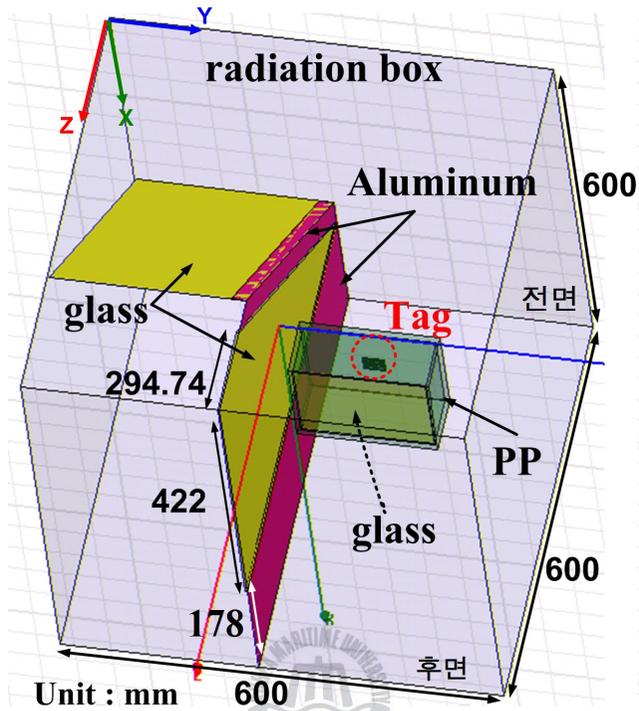
그림 4.2는 제안된 태그 안테나를 차량용 사이드 미러에 부착하여 지향성의 특성을 확인하기 위한 시뮬레이션 환경을 나타내었다. 차량 제원은 H사의 S모델을 참고하였으며 표 4.1에 나타내었다. 차

량의 전체 길이를 전장, 전체 폭을 전폭 그리고 전체 높이를 전고라고 한다. 사이드미러는 차의 종류에 따라 다양하지만 본 논문에서는 중형차의 평균 크기를 사용하였다. 사이드미러의 재질은 폴리프로필렌 (polypropylene ; PP)이고 차체는 알루미늄으로 설계하였다.

그림 4.2(b)는 그림 4.2(a)에서 나타낸 제원을 이용하여 시뮬레이션 하였을 때에 장시간이 걸린다는 점과 측정 환경을 구현하기 매우 어렵다는 것을 고려하여 시뮬레이션 환경을 미러가 있는 쪽의 차체를 포함한 환경으로 그림 4.2(b)와 같이 부분적으로 설계하였다.



(a) 전체 설계
(a) Whole design.



(b) 부분 설계

(b) Partial design

그림 4.2. 태그 안테나를 포함한 환경 시뮬레이션

Fig. 4.2 Environment simulation including tag antenna.

표 4.1. 차량 제원

table 4.1. Vehicle specification.

단위: mm

| | | | |
|----|-------|-------|-----------|
| 전장 | 4,800 | 전폭 | 1,830 |
| 전고 | 1,475 | 사이드미러 | 190 × 135 |

그림 4.3은 사이드 미러 내부에 태그가 부착될 위치를 나타낸 그림이다. 제 3장에서 제안한 소형 태그 안테나를 고려한 부착 위치를 ① ~ ⑨ 곳으로 정하였고 각각의 위치에 따른 태그의 반사손실 특성과 지향성에 대하여 계산하였다.

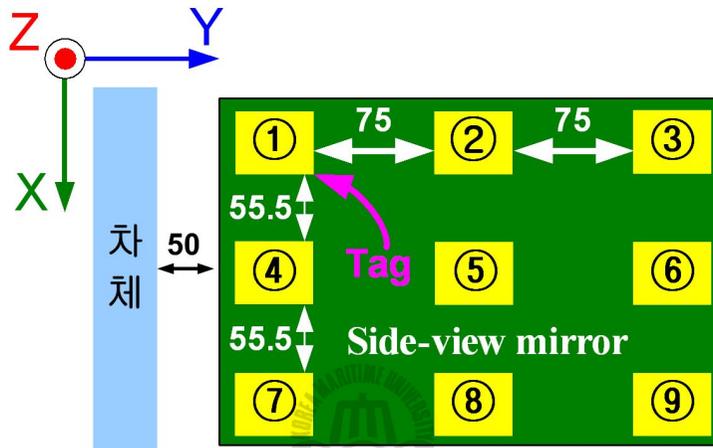


그림 4.3. 사이드 미러의 내부에 놓인 태그 위치

Fig. 4.3 Tag position placed on inside of side view mirror.

그림 4.4는 그림 4.2(b)에서 나타낸 시뮬레이션 환경을 이용하여 그림 4.3에서 나타낸 9곳의 부착 위치에서의 반사손실을 나타내었다. 그림 4.4로부터 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.

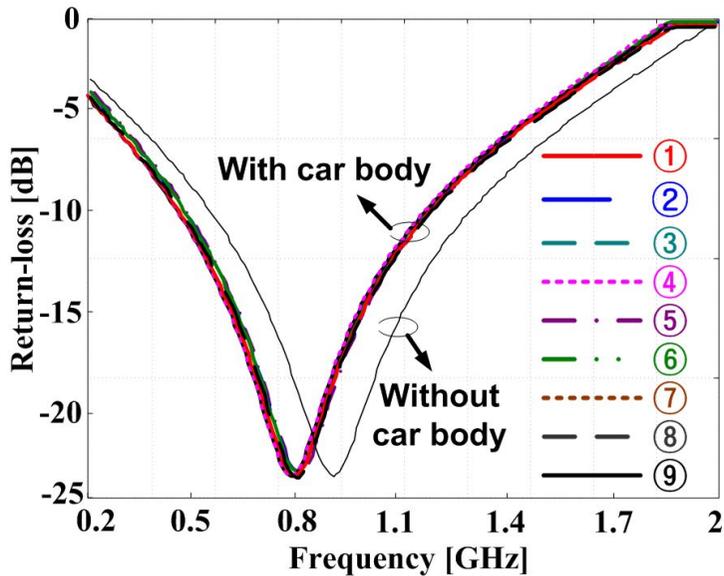


그림 4.4. 그림 4.2(b)의 시뮬레이션 환경에서 사이드 미러 내부의 태그 안테나 반사손실

Fig. 4.4 Return loss of tag antenna placed on inside of sideview mirror in simulation environment Fig. 4.2(b).

그림 4.5는 그림 4.3에서 나타낸 ① ~ ⑨ 까지 각각 부착된 위치에서 태그의 계산된 지향성 패턴을 나타낸다. 그림 3.10에서 나타낸 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 그림 4.2(b)의 시뮬레이션의 환경을 기준으로, 태그와 차체사이의 거리는 그림 4.3에서 나타낸 것처럼 ①의 위치에서 50 mm 떨어져 있으며, ②와 ③의 위치는 ①의 위치에서 75 mm 간격으로 떨어져있

dB로 확인되었다. 이는 전파가 차체에 의해 반사되는 신호가 수신되어 태그안테나의 이득이 증가하는 것으로 사료된다. 본 논문에서 측정한 결과는 차체(도체)에 의해서 전체적으로 이득이 약 3 dB정도 증가함을 확인하였다.

그림 4.6은 그림 4.2(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 그림 4.6과 같은 방법으로 사이드 미러 내에 50 Ω 포트를 사용한 태그 안테나를 부착하여 측정하였다.

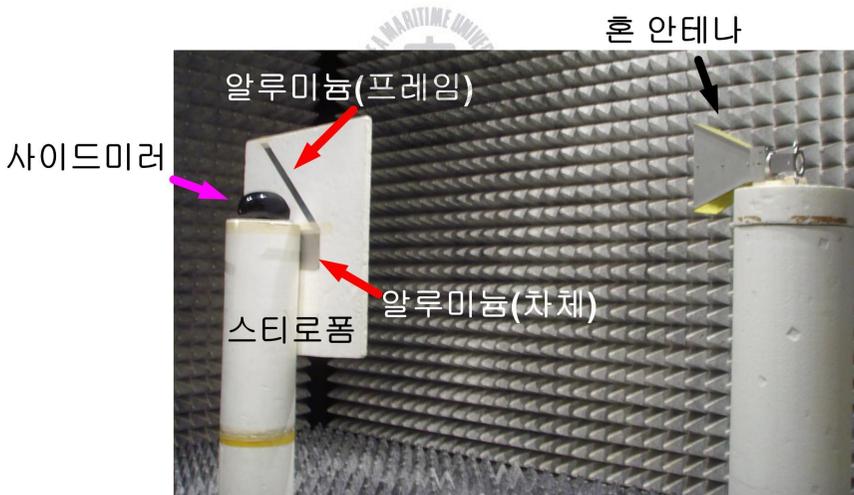


그림 4.6. 측정 환경 사진

Fig. 4.6 Photograph of measurement environment.

그림 4.7은 구현된 측정 환경을 이용하여 측정된 방사패턴을 나타낸다. 그림 4.5의 시뮬레이션 툴을 이용하여 계산된 결과처럼 차체와 태그 사이의 거리가 멀어지면서 -Z축 방향, 즉 정면으로 지향

성이 생기는 것을 확인하였다. 또한 독립적인 방사패턴으로 돌아오게 됨으로써 ②, ③, ⑤, ⑥, ⑧, ⑨의 위치에 태그를 부착하는 것이 RFID 통신에 유리함을 확인하였다. 측정된 방사패턴은 그림 4.5에서 나타낸 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.

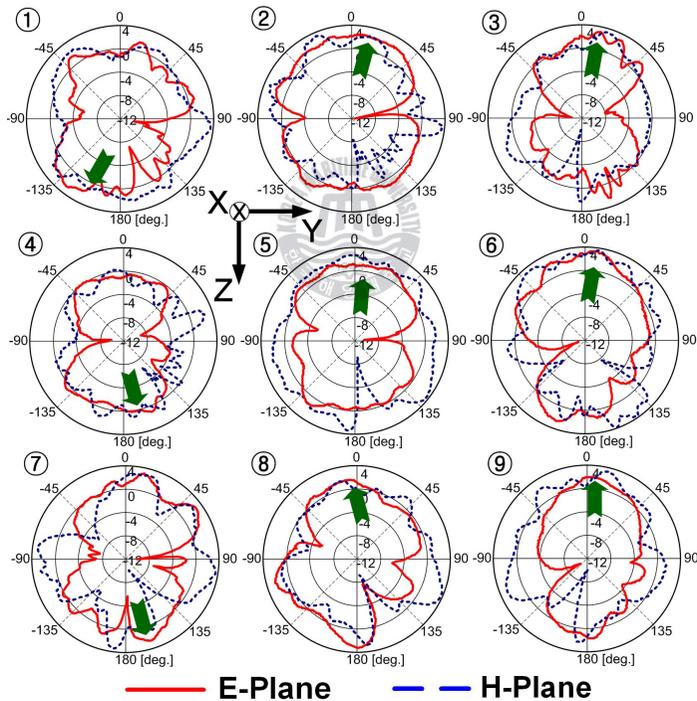


그림 4.7. 사이드 미러 내부에서 측정된 태그 안테나의 방사패턴
 Fig. 4.7 Measured radiation pattern of a tag antenna placed on inside of sideview mirror.

인식거리 측정은 그림 4.6에서 혼 안테나 대신 리더기의 안테나를 부착하고 리더기 시스템을 사용하여 인식거리를 측정하였다. 그림 4.8은 차체와 사이드 미러를 적용하였을 때의 태그 인식거리를 나타내고 그 결과는 표 4.2에 나타내었다. 태그의 위치는 그림 4.3에서의 5번 위치에 있을 때이다. 그림 4.4에서 나타난 결과처럼 도체와 사이드미러에 의해서 주파수가 약 800 MHz로 이동되어 900 MHz에서의 반사손실보다 다소 나빠졌기 때문에 인식거리가 크게는 1 M정도 줄어들었지만 제안된 태그안테나의 광대역 특성과 차체(도체)에 의한 이득 상승으로 인해 인식거리가 크게 차이가 나지 않는 것을 확인하였다.

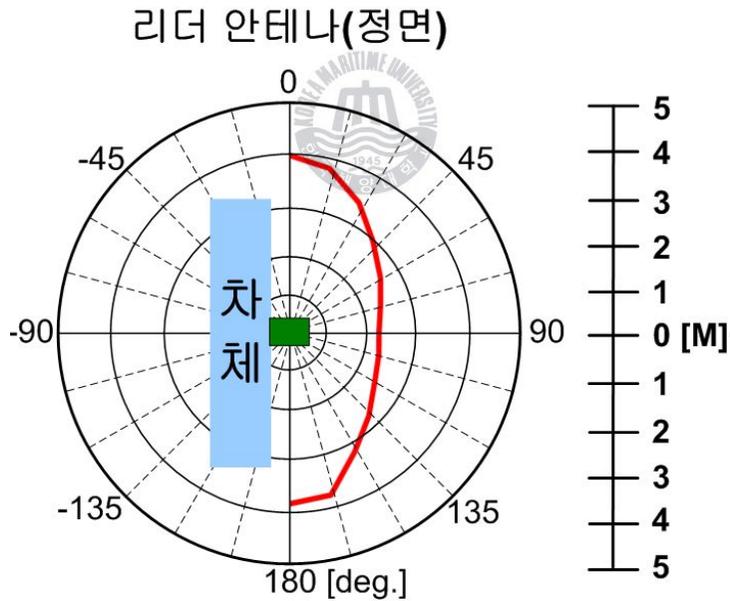


그림 4.8. 측정 환경에서 태그의 인식거리

Fig. 4.8 Readable range of a tag in measurement environment.

표 4.2. 측정 환경에서 태그의 인식거리

Table 4.2 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 | 165 | 180 |
| 2.2 | 2.3 | 2.4 | 2.73 | 3.16 | 3.85 | 3.93 |

4.2 사이드 미러용 고감도 RFID 태그 안테나의 설계

그림 4.9는 제안된 안테나의 구조를 나타낸다. 제안된 안테나는 구조가 매우 간단하고 면적을 최대한으로 이용하여 이득을 올리기 위한 구조로 설계되었으며, 크기는 사이드 미러의 내부에 위치할 수 있도록 설계하였다.

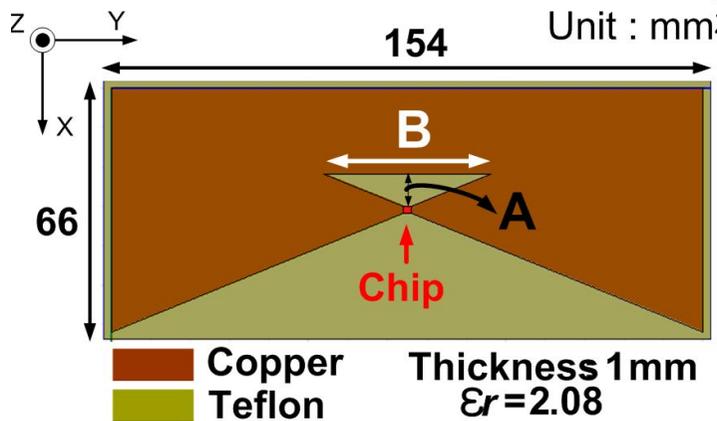
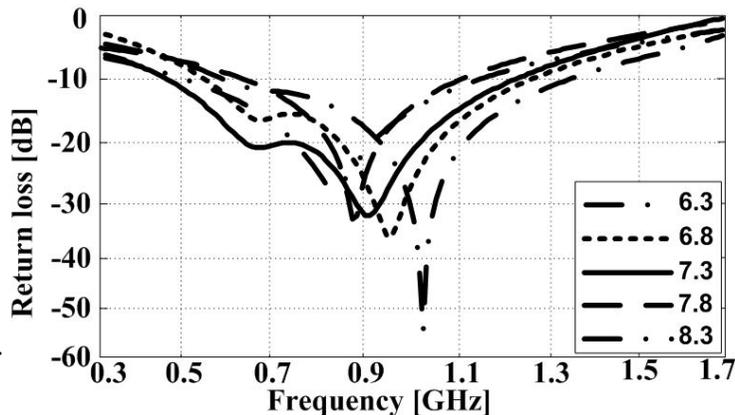


그림 4.9. 제안된 태그 안테나의 구조

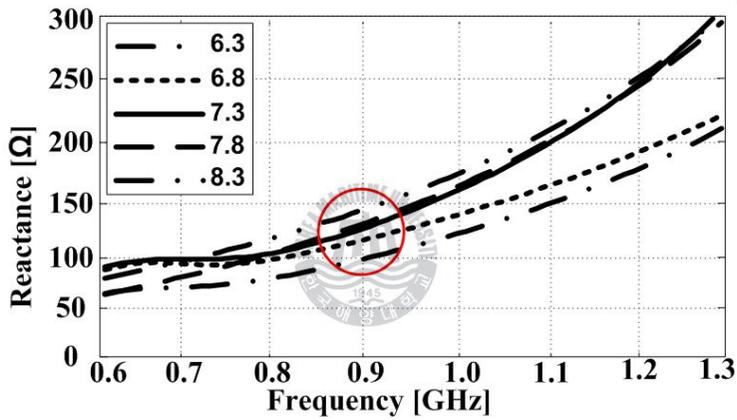
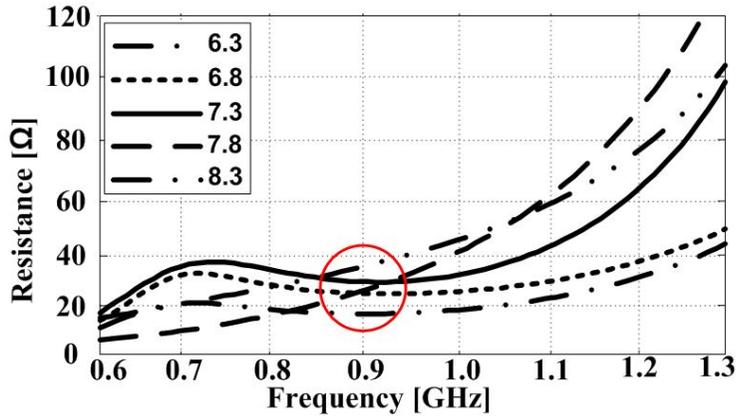
Fig. 4.9 Structure of proposed tag antenna.

사이드 미러의 내부에 위치시키기 위해 사이드 미러의 크기를 고려하여 태그 안테나를 그림 1과 같이 $154 \times 66 \times 1 \text{ mm}^3$ 의 크기로 고정하였다. 그림 4.10 ~ 4.11은 그림 4.9에 제안된 태그 안테나의 각 파라미터에 대한 시뮬레이션 결과를 나타내었다. 그림 4.10은 그림 4.9에서 나타낸 태그 안테나의 슬릿의 높이 'A'의 변화에 따른 반사 손실과 입력 임피던스를 나타낸다. 그림 4.10(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 4.10(b)는 'A'의 길이에 따라 변화되는 입력 임피던스이며, 입력 저항이 칩의 임피던스($16 -j131 \Omega$)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.



(a) A 변화에 의한 반사손실

(a) Return loss by A variation.



(b) A 변화에 의한 입력 임피던스

(b) input impedance by A variation.

그림 4.10. A 변화에 의한 반사손실과 입력 임피던스

Fig. 4.10 Return loss and input impedance by A variation.

그림 4.11은 그림 4.9에서 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 이

동하고 반사특성은 나빠지는 것을 확인하였다.

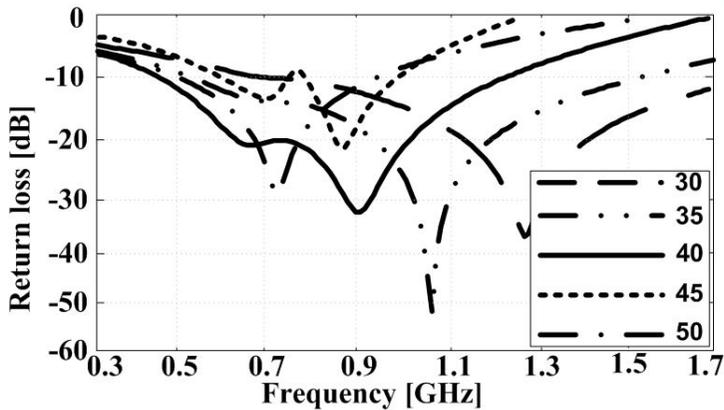


그림 4.11. B 변화에 의한 반사손실

Fig. 4.11 Return loss by B variation.

그림 4.12는 태그의 파라미터들을 최적화하여 계산된 값($16 + j131 \Omega$), 측정을 위하여 동일한 태그의 입력 임피던스를 50Ω 로 하여 계산된 반사손실과 50Ω 포트로 측정된 반사 손실을 나타낸다. 또한 $16 + j131 \Omega$ 으로 설계한 태그의 계산이 타당하다는 것을 입증하기 위하여, 50Ω 포트를 사용하여 측정한 각각의 주파수에서 얻은 임피던스를 변환하여 계산된 값과 비교하였다. 임피던스 변환 계산식을 이용하여 선택한 주파수에서의 반사손실을 구하여 그래프로 나타내었다. 이것이 50Ω 으로 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.

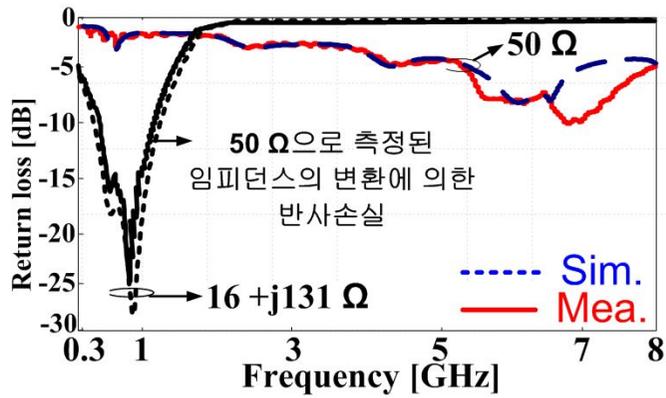
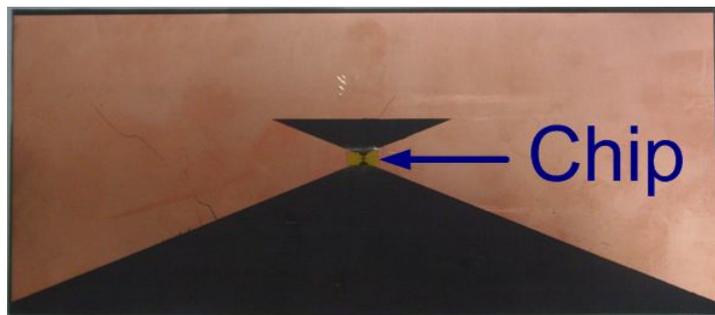


그림 4.12. 계산된 반사손실과 측정된 반사손실의 비교

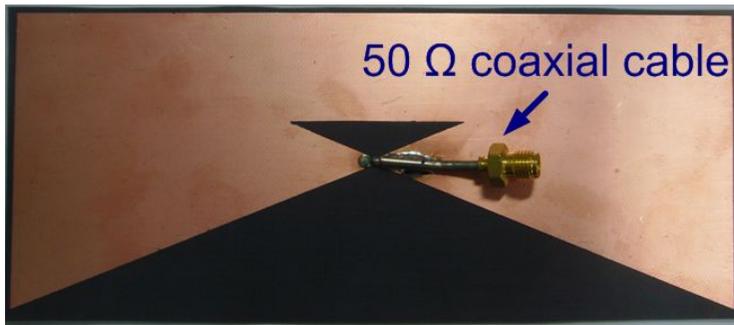
Fig. 4.12 Comparison between calculated and measured return loss.

그림 4.13은 제안된 태그 안테나의 인식거리와 방사패턴을 측정하기 위해 칩을 부착시킨 태그 안테나(a)와 50 Ω포트를 사용하여 제작된 태그 안테나(b)의 사진이다.



(a) 칩

(a) Chip



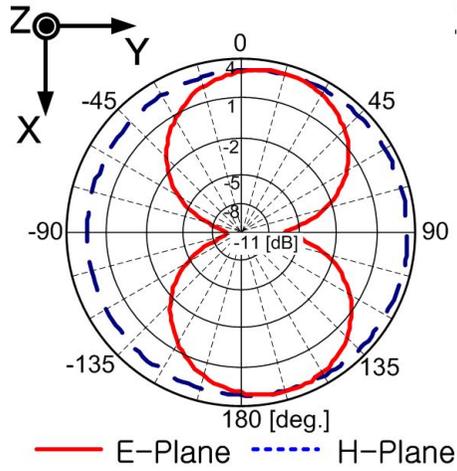
(b) 50 Ω 포트

(b) 50 Ω port

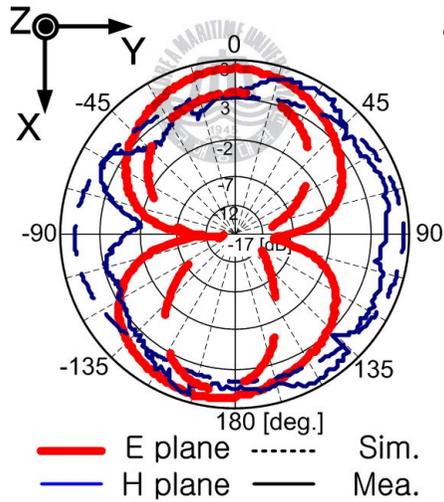
그림 4.13. 제작된 태그 안테나

Fig. 4.13 Fabricated tag antenna.

그림 4.14는 시뮬레이션으로부터 구해진 방사패턴(910 MHz(a), 710 MHz(b))과 전파암실에서 50 Ω 포트를 사용하여 태그 안테나를 측정된 태그 자체의 방사패턴을 나타낸다. 칩 임피던스를 고려하여 안테나의 입력 임피던스 $16 + j131 \Omega$ 을 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 동일하였다. 그리고 계산된 값과 측정된 값은 유사한 패턴을 보이며 잘 일치하였다.



(a) 910 MHz에서의 계산
(a) Calculation at 910 MHz.



(b) 710 MHz에서의 계산과 측정

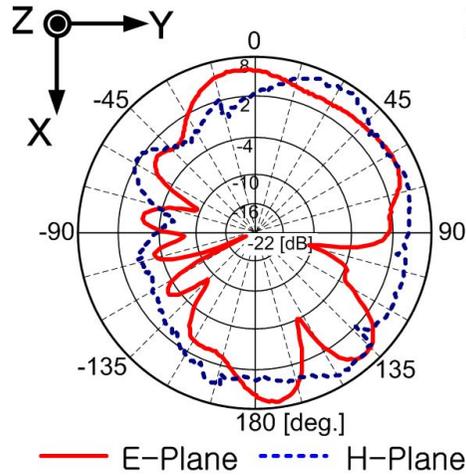
(b) calculation and measurement at 710 MHz.

그림 4.14. 계산된 방사패턴(a)과 50 Ω포트를 사용하여 계산 및 측정된 방사패턴(b)의 비교

Fig. 4.14 Comparison of calculated radiation pattern(a) and calculated and measured radiation patterns(b) with 50 Ω port.

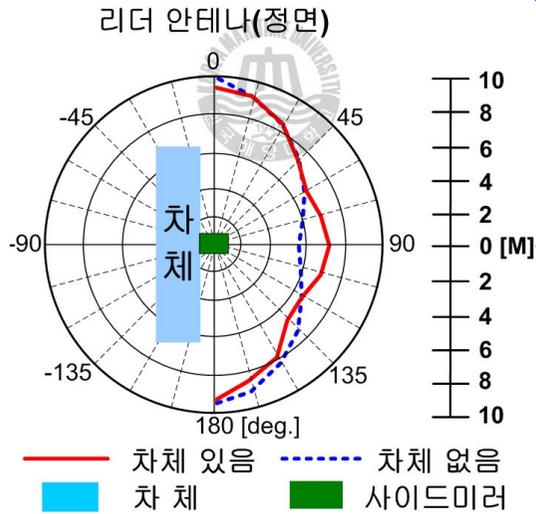
그림 4.13(a)의 설계·제작한 태그의 인식거리를 RFID 리더기 (9800 Reader System, Alien)를 사용하여 측정하였으며, 평균 인식 거리는 0° 에서 10 m로 측정되었다. 사이드 미러 내에 제안한 태그 안테나를 부착하고 또한 차체를 사용하였을 때의 방사패턴과 인식 거리를 측정하여 그 값들을 그림 4.15에 나타내었다. 차체와 사이드 미러의 영향으로 약간의 리플이 생기지만 전체적인 패턴의 모양은 그림 4.15(b)와 유사함을 확인할 수 있다.

인식각도에 따른 인식거리를 표 4.3에 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. 하지만 그림 4.15(a)를 그림 4.14(a)와 비교하여 보면 송신된 신호가 차체에 의해서 반사되고 같은 위상을 가진 신호가 수신되어 차체에 의해서 90° 부근에서는 이득이 약 2 dBd로 증가함을 방사패턴으로 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) 차체가 있을 때 측정된 방사패턴(710 MHz)

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



(b) 차체가 있을 때와 없을 때의 인식거리 비교

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

그림 7. 차체가 있을 때의 방사패턴과 인식거리 비교

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

표 1. 태그 안테나의 인식거리(위 : 차체가 없을때, 아래 : 차체가 있을때)

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

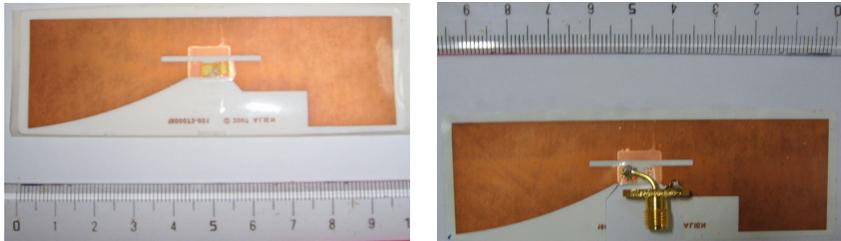
| | | | | | | |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 각도(°) | 0 | 15 | 30 | 45 | 60 | 75 |
| 거리(m) | 9.9 | 9.2 | 8.5 | 7.5 | 6.7 | 6 |
| 90 | 105 | 120 | 135 | 150 | 165 | 180 |
| 5.5 | 5.9 | 6.5 | 7.5 | 8.2 | 8.9 | 9.5 |

| | | | | | | |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|----------|
| 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 |

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.

4.3 상용 태그의 성능 측정 및 비교

그림 4.16(a)는 A사에서 제작하여 사용되고 있는 상용태그 (2007, 1800073-001)의 사진이고 그림 4.16(b)는 측정을 위해 50 Ω 포트를 부착한 상용태그의 사진이다.



(a) 칩

(b) 50 Ω 포트

(a) Chip

(b) 50 Ω port

그림 4.16. 상용 태그

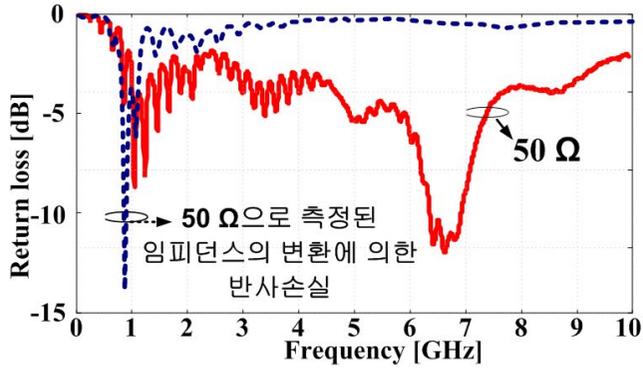
Fig. 4.16 Commercial tag

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 X 32 mm X 0.15 mm 이고 방사패턴 측정을 위하여 그림 4.16(b)와 같이 상용태그에 50 Ω 포트를 부착하였다. 반사손실과 방사패턴을 측정하여 그 값을 그림 4.17에 나타내었다.

그림 4.17(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 그림 4.17(a)에 나타나있다. 예를 들면, 50 Ω으로 측정된 910 MHz에서의 임피던스 $10.9 + j130.8$ Ω을 $16 + j131$ Ω 변환하여 910 MHz에서의 반사손실을 구하면 -14.5 dB가 나온다. 하지만, 6.5

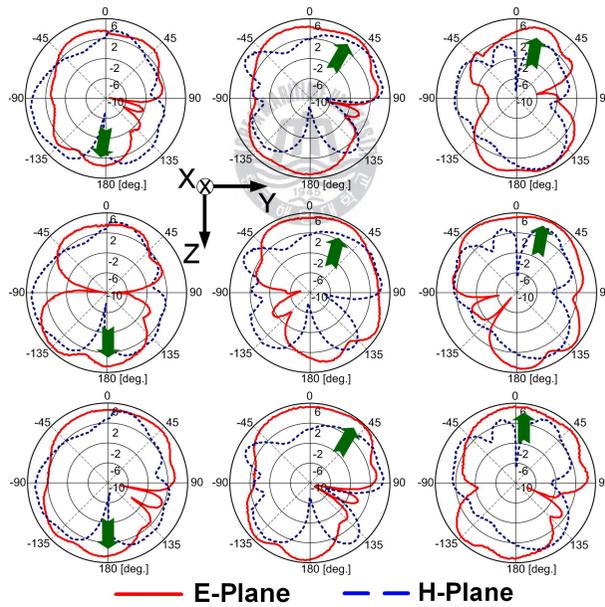
GHz에서의 임피던스 $22.2 + j20.2$ 을 변환하면 6.5 GHz에서 반사손실이 -0.47 dB가 나온다. 이것은 리액턴스 성분의 영향으로 인한 반사손실이 커짐으로써 50Ω 측정에서는 -13 dB가 얻어나 안테나의 임피던스 $16 + j131 \Omega$ 으로 변환하면 0 dB에 가까운 반사손실을 가지게 된다. 위와 같은 방법으로 임피던스 변환을 한 결과, 그림 4.17(a)와 같은 반사손실 값을 확인하였다. 임피던스 변환으로부터 얻은 -10 dB이하의 상용태그의 대역은 $901 \text{ MHz} \sim 925 \text{ MHz}$ 로 약 24 MHz 의 좁은 대역폭을 가진다.

그림 4.17 (b)는 최초 공진점인 1.1 GHz 에서 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 dBd 로 측정되었다. 또한 태그의 크기로 인해 이득은 제안된 태그보다 약 2 dB 정도 작았다. 전체적으로 상용 태그의 방사패턴은 제안된 안테나와 유사한 모양을 가지며, 본 논문에서 제안된 태그 안테나와 사이드미러 내부의 태그 부착 연구의 타당성을 실험적으로 증명하였다. 4.1 장에서 제안한 결과와 같이 차체와 가까이 있을 수록 도체의 영향을 받아 0° 부근에 영점(null)이 생기고 차체와 떨어짐에 따라 상용태그도 4.1 장과 같이 차체의 영향이 거의 없는 독립적인 방사패턴을 가지며 $-Z$ 축으로 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) 반사손실

(a) Return loss



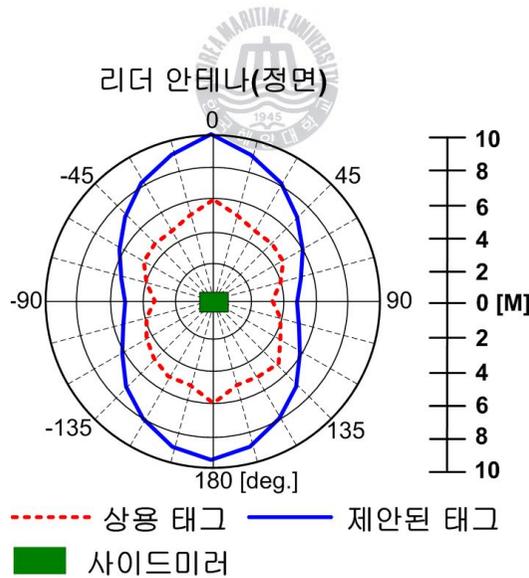
(b) 사이드 미러 내부에서 측정된 상용 태그의 방사패턴

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

그림 4.17. 상용 태그의 측정 결과

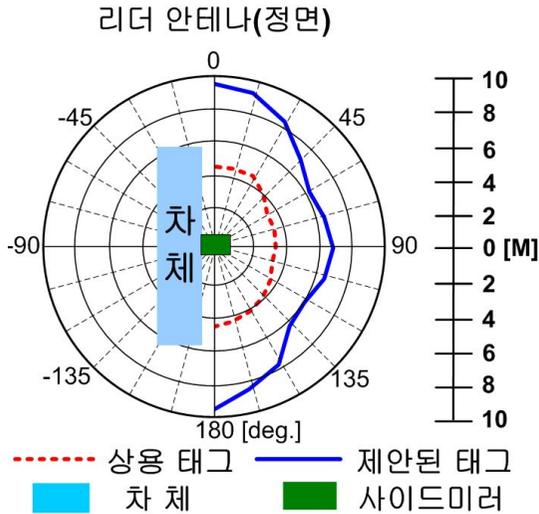
Fig. 4.17 Measured results of a commercial tag.

그림 4.18은 상용 태그를 위와 동일한 리더기로 측정된 인식거리와 제안한 태그의 인식거리를 비교하여 나타낸 것이다. 상용태그의 인식거리는 정면방향(0°)에서 최대 6 m로 제안된 안테나보다 거리가 약 4 m 짧은 것을 측정으로부터 확인하였다. 그림 4.18(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 그림 4.18(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 그림 4.18(a)보다 약 2 m 이상 향상되는 특성을 보였다.



(a) 차체가 없을 때의 인식거리 비교

(a) Comparison of readable range without car body.



(b) 차체가 있을 때의 인식거리 비교

(b) Comparison of readable range with car body.

그림 4.18. 상용 태그 안테나와 제안된 태그 안테나의 인식거리 비교

Fig. 4.18 Comparison of readable range between commercial tag antenna and proposed tag antenna.

4.4 Summary

본 논문에서는 RIFD를 무인 차량 출입 시스템에 적용하기 위해 차량의 사이드 미러 내부에 태그 안테나의 부착 위치로 정하였다. 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 특성

의 변화에 대해서 나타내고, 차량용 RFID 시스템을 위한 최적의 위치(그림 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 리더기가 태그로부터 정보를 수신하기 위한 태그의 최적 부착 위치를 평가하였다.

또한 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 인식 거리가 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. 상용 태그와 비교하여 보면, 제안된 태그 안테나는 정면 방향에서 상용태그의 측정거리 6 m보다 약 4 m정도 더 긴 인식거리를 보였다.

태그 안테나의 사이즈를 크게 함으로써 RFID에서는 인식거리를 향상시키고 또한 저주파수 대역인(433.93 MHz) Active 태그 안테나를 설계하는데 있어 유리하다. 그리고 차량의 사이드 미러 내부에 부착되기 때문에 태그 안테나의 크기가 커도 문제 되지 않으며 저주파수 대역의 응용분야인 T-DMB 안테나를 설계하여 사용 가능한 장점이 있다.

제 5장 결 론

본 논문에서는 이동 통신에 사용되는 안테나 및 RFID 태그 안테나에 대한 소형화와 광대역화를 위한 연구를 하였다. 또한 이러한 연구를 바탕으로 제안된 안테나가 적용되는 환경에 대한 영향에 관해서 연구를 하였다.

2-채널 WiBro-MIMO 안테나의 제한된 매우 작은 공간에(0.19 λ) 적용할 수 있는 소형 안테나 설계에 대하여 서술하였고, 매우 작은 공간에 적용하여도 각각의 독립적인 특성을 가질 수 있는 격리도 향상에 대하여 서술하였다. 각 안테나 사이의 격리도 특성을 향상시키기 위해 PCS 안테나는 2-채널 WiBro 대역 MIMO 안테나의凸형 그라운드 구조에서 슬릿을 이용하거나 4 mm 높이로 설계하였다. 또한 4 mm의 높이 중 그라운드로부터 3 mm의 공기층을 삽입하여 대역폭을 향상시켰다. 안테나의 구조는 접힌 IFA 형과 단락 스트립 선로를 가지는 스파이럴 형태로 변형된 역 F형 안테나를 제안하였다. 접힌 IFA의 형태의 제안된 안테나는 안테나와 그라운드 사이의 거리를 슬릿으로 조절함으로써 대역폭이 넓고 크기가 매우 작은 특성을 보였으며,凸형 그라운드 면의 적용으로 3 mm의 공기층을 가지는 3차원적인 구조와 변형된 PIFA형태의 제안된 안테나는 -20 dB로 매우 높은 격리도 특성을 보였다. 특히 2-채널 WiBro 대역 MIMO 안테나의 기존 성능에 거의 영향을 끼치지 않음을 반사손실 특성과 방사패턴 결과로부터 확인하였다.

또한 RFID 태그 안테나의 소형화 및 광대역화에 대하여서 서술하였다. 소형화 및 광대역화를 위해 태그 안테나를 대칭 루프형으로 설계하였다. 제안된 태그 안테나는 30 mm \times 24 mm \times 1 mm의 크기로 매우 소형이며, 910 MHz에서 공진하는 대역폭이 780 MHz(540 MHz ~ 1320 MHz)로 광대역 특성을 가진다. 그리고

RIFD를 무인 차량 출입 시스템에 적용하기 위해 차량의 사이드 미러 내부에 태그 안테나의 부착 위치로 제시하였다. 차체(도체)와 사이드 미러에 의해서 생기는 지향성과 특성의 변화에 대해서 나타내고, 차량용 RFID 시스템을 위한 최적의 위치(그림 4.3의 ②, ③, ⑤, ⑥, ⑧, ⑨)를 사이드 미러 내부에서 확인하였다. 차체(도체)와 사이드미러의 영향으로 변화되는 지향성을 연구하여 리더기가 태그로부터 정보를 수신하기 위한 태그의 최적 부착 위치를 평가하였다. 또한 차량의 사이드 미러에 적용하기 위한 고감도 태그 안테나의 설계를 제안하였다. 제안된 태그 안테나(154 mm × 66 mm × 1 mm)는 $16 + j131 \Omega$ 의 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. 상용 태그와 비교하여 보면, 제안된 태그 안테나는 정면 방향에서 상용태그의 측정거리 6 m보다 약 4 m정도 더 긴 인식거리를 보였다.

본 연구를 바탕으로 안테나 소형화 설계 기법과 소형화에 따른 협대역 특성을 보완하기 위한 광대역화 기법은 모바일 MIMO 시스템에 사용될 수 안테나 설계 분야에 기여할 것으로 사료된다.

또한 RFID 태그 안테나의 소형화 및 광대역화 설계 기술과 사이드 미러를 이용한 차량용 RFID 태그 안테나의 지향성 연구는 RFID 시스템 연구에 많은 도움이 될 것으로 사료된다. 실제 환경에서 여러 차량에 태그가 부착되었을 때의 지향성 및 성능 평가를 할 필요

가 있으며, 향후 연구되어질 차량 사이드미러를 이용한 연구의 보조 자료로 사용될 수 있을 것으로 사료되어진다.



References

- [1] 이호준, 이재영, 김종규, "이동통신 단말기용 안테나," *한국전자과학회 전자과학기술*, 14(2), pp. 68-74, 2003년 4월.
- [2] S. C. Ko and R. D. Murch, "Compact integrated diversity antenna for wireless communications," *IEEE Trans. Antennas Propagation.*, vol. 47, pp. 954 - 960, June 2001.
- [3] N.Nakajima and Y. Yamao, "Development for 4th generation mobile communications," *Wireless Commun. Mob. Comp.*, Vol. 1, pp. 3-12, January-March 2001.
- [4] Molisch, A.F. and Win, M.Z. "MIMO systems with antenna selection," *Microwave Magazine, IEEE*, Vol. 5, Issue 1, pp. 46~56, Mar. 2004.
- [5] Tae-Yoon Lee, Nak-Sun Sung, Ji-Hun Bae, Chul-Sik Pyo, and Jong-Suk Chae, "Planar Microstrip Array Antenna," *Korea Patent*, Registration No.10-2002-0074683, Nov. 2002.
- [6] Yuki INOUE, Hirotake SUMI, and Hiroyuki ARAI, "Pattern calibration free antenna by suppressing mutual coupling between elements," *Proceeding of ISAP*, pp. 17~20, Aug. 2004.
- [7] Dong-Jin Kim, Kyeong-Sik Min, Young-Min Moon, Se-Hyun Park and Young-Eil Kim, "2-channel MIMO Antennas for WiBro Handy Terminal Application", *IEEE VTS Asia Pacific Wireless Communications Symposium 2006*, pp. 107-111, 2006. 8.
- [8] K. Finkenzeller, *RFID Handbook*. London, U.K.: Wiley, 1999.
- [9] Hae-Won Son, Won-Gyu Choi and Cheol-Sik Pyo, "UHF RFID Tag Antenna techniques," *The journal of Korea Electromagnetic Engineering Society*, vol. 16, no. 2, pp. 55-63, April 2005.

- [10] 조치현, 추호성, 박익모, 김영길, "UHF 대역 수동형 RFID 태그 안테나 설계", *한국전자과학회논문지*, 16(9), pp. 872-882, 2005년 9월.
- [11] Hassan M. Elkamchouchi, Mona N. Abd El-Salam, "Square loop antenna miniaturization using fractal geometry", *Proceedings of the Twentieth National Radio Science Conference*, pp. B4-1-8, Mar. 2003.
- [12] Andrey S. Andrenko, "Conformal fractal loop antennas for RFID tag applications", *18th International Conference on Applied Electromagnetics and Communications*, pp. 167-170, Oct. 2005.
- [13] 임성빈, 박용욱, 최학근, "소형 광대역 안테나", *한국전자과학회 논문지*, 16(2), pp. 3-12, 2005년 4월.
- [14] C. A. Balanis, *Antenna Theory Analysis and Design*, John Wiley & Sons, 1997.
- [15] Choo, J., Ryoo, J., Park, I., Hong, J., Park, K., Lee, J., "A Novel Multi-loop Tag for Near Field Communication in UHF Band," *Asia-Pacific Microwave Conference, APMC 2007*, pp. 1 - 4, 11-14 Dec. 2007.
- [16] Tseng Jan-Dong, 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 April 2007.
- [17] Ronald F., Cunningham, "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 June 1993.

Publications and Conferences

- [1] **Min-Seong Kim**, Kyeong-Sik Min and Dae-Hwan Park, "Directivity Design of RFID Tag Antenna using Side-view Mirror for Vehicle", *Asian Pacific Microwave Conference 2008*, Dec. 2008.
- [2] 박대환, 민경식, **김민성**, "차량용 번호판을 이용하는 RFID Tag 안테나의 설계", *한국전자과학회 종합학술대회 발표*, Vol.18, No.1, pp. 84, 2008. 11.
- [3] **김민성**, 민경식, 박대환, "UHF 대역 소형 RFID Tag 안테나의 설계", *2008년도 추계 마이크로파 및 전파 학술대회 논문집*, Vol.31, No.2, pp. 132, 2008. 9.
- [4] 박대환, **김민성**, 민경식, "차량 번호판을 이용한 태그 안테나 설계", *한국전자과학회 전자파 기술 하계 학술대회*, pp. 105-108, 2008. 6.
- [5] Kyeong-Sik Min, **Min-Seong Kim**, Chul-Keun Park and Manh-Dat Vu, "DESIGN FOR PCS ANTENNA BASED ON WIBRO-MIMO", *Progress IN Electromagnetics Research Symposium*, pp. 769-773, Mar. 2008.
- [6] **김민성**, 민경식, "2-CH WiBro Band MIMO 안테나와 PCS 안테나 간의 격리도 향상을 위한 설계", *한국전자과학회 논문지*, 제 19권, 1 호, pp. 79-86, 2008. 1.
- [7] Kyeong-Sik Min, **Min-Seong Kim**, Chul-Keun Park and Manh-Dat Vu, "DESIGN FOR PCS ANTENNA BASED ON WIBRO-MIMO", *Progress IN Electromagnetics Research Letter*, pp. 77-83, Jan. 2008.
- [8] Manh-Dat Vu, Seung-Mok Han, **Min-Seong Kim**, Gun-Do

Park, Chul-Keun Park, Kyeong-Sik Min, "Evaluation of Effective Dielectric Constant in Inclined Dielectric Media for FDTD Application", *한국전자과학회 종합학술발표회*, pp. 393-396, 2007. 11.

[9] **Min-Seong Kim** and Kyeong-Sik Min, "Design for Isolation Improvement of MIMO Antennas on Wibro and PCS band", *International Symposium on Antennas and Propagation*, pp. 1326-1329, Aug. 2007.

[10] Kyeong-Sik Min, Dong-Jin Kim and **Min-Seong Kim**, "Multi-channel MIMO Antenna Design for WiBro/PCS band", *IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium*, pp. 1225-1228, June 2007.

[11] 민경식, **김민성**, 김동진, "WiBro MIMO 안테나에 적용한 PCS 용 PIFA 설계", *2006년도 추계 마이크로파 및 전파 학술대회 논문집*, Vol.29, No.2, pp. 337-340, 2006, 9.

감사의 글

오늘의 제가 있기까지 큰 관심과 세심한 배려로, 각별한 사제시간의 정을 일깨워주신 민 경식 교수님께 감사드립니다. 또한 학부와 대학원 6년 동안 많은 가르침을 주신 김 동일 교수님, 조 형래 교수님, 정 지원 교수님, 김 기만 교수님, 강 인호 교수님, 윤 영 교수님께 감사드립니다. 그리고 더욱 좋은 논문이 될 수 있도록 많은 조언과 심사를 해주신 최 재훈 교수님과 윤 영중 교수님께 감사드립니다.

무엇보다도 오늘 날 제가 있을 수 있게 해주시고, 마음 편히 공부만 할 수 있도록 늘 배려해 주시고 든든한 후원자가 되어주신 아버지, 어머니와 막내 동생을 항상 믿고 힘이 되어준 형, 누나, 형수님 그리고 매형에게 깊은 감사를 드립니다. 공부보다 사람다운 됴됨이를 우선으로 생각하고 항상 바르게 살아갈 수 있도록, 진정으로 서로 사랑하고 아껴주는 따뜻한 가정에서 제 인생을 설계할 수 있었음은 모두가 나의 가족들의 덕분입니다. 말로는 모두 전할 수 없는 고마운 마음들을 평생 동안 조금씩 갚아갈 것을 이 논문에 대고 약속드립니다.

대학에 입학할 때부터 대학원을 마치는 지금 이 순간까지 항상 옆에서 많이 도와주고 동고동락한 승목, 건도, 여러 가지 많은 도움이 되었던 다른 연구실 멤버들과 HAM 동아리 동기 및 선후배, 고등학교·대학교 친구들, 특히 종태 형과 동엽이에게 고마운 마음을 전합니다.

졸업하고 나서도 늘 많이 도와준 연구실 선배님들에게도 고마운 마음을 전합니다. 또한 이제 연구실을 이끌어 나갈 지철이, 대환이, 태근이에게 잔소리만 하고 제대로 챙겨주지 못한 못난 선배로서 미안하고 고마운 마음을 전합니다. 더욱 열심히 해서 졸업할 때 후회하지 않고 당당하게 사회로 진출할 수 있도록 더욱 노력해달라는 작은 부탁을 드립니다.

저는 이제 작은 사회에서 험난한 큰 사회로 나아가려 합니다. 더욱 더 멋진 모습과 밝은 모습으로 열심히 살아갈 것이며, 항상 최선을 다하는 사람이 될 것을 약속드립니다.

6년간 학교라는 작은 사회에서 저에게 많은 가르침과 도움을 주신 모든 분들과 저를 아는 모든 분들에게 다시 한 번 깊은 감사를 드립니다.

김민성 올림

