

## 고효율 USN 리더기용 안테나

신 천 우\*

### 1. 서 론

유비쿼터스 시대에 접어들면서부터 USN의 사용이 증가되고 있으며, 일상생활에 이르기까지 다양한 목적으로 다양한 태그의 사용이 증가되고 있는 상황이다. 특히 가정생활 및 사무실에 이르기까지 태그가 적용이 되면서부터 태그의 크기 및 부착위치 등이 인위적으로 제어할 수가 없을 정도까지 상용화 되는 시점에, 랜덤하게 부착되어 있는 태그를 멀리서도 바르게 읽을 수 있는 태그 리더기의 수요도 증대되고 있다.

현재 주로 사용되고 있는 리더기용 안테나로서는 유전율이 40 정도의 세라믹 소재의 안테나를 사용하고 있다. 유전율이 높은 관계로 910MHz 주파수 대역에 공진하는  $\lambda/2$  사이즈의 라디에이터를 80×80 mm 정도로 소형화가 가능하며, 핸드형 리더기로 주로 사용이 되고 있으나, 소재가 세라믹인 관계로 무게가 무거워 핸드형으로 사용이 곤란한 상황이다. 이 때문에 유전체기판을 이용한 핸드형 RFID 리더기 안테나 개발이 연구되어 왔다[1]. 유전체기판을 이용할 경우 유전체의 유전

율이 4.5 정도인 관계로 크기가 커져서 소형화에 문제가 있었다[1]. 이러한 문제를 극복하기 위하여 라디에이터의 패턴에 슬릿을 내는 등의 연구가 진행되어 왔으나, 이 경우 방사효율이 낮아지거나 대역폭이 좁아지는 등의 문제점이 발생한다[2-4]. 대역을 개선하기 위하여 라디에이터의 패치에 스루홀을 내는 등의 연구가 진행되어 왔으나 이 때문에 특정편파가 강하게 발산되어 여러 방향에 위치되는 태그들의 평균인식거리가 서로 달라지는 문제점과 방사효율은 낮아지는 결과를 초래하여 태그의 인식거리가 짧아지는 문제점으로 대두되었다[5]. 이 때문에 복수개의 편파를 발생하는 연구가 진행되었고[6], 안테나를 액티브화 하여 통달거리를 늘리려는 노력을 하였으나 액티브의 경우 별도의 전원이 필요로 하기 때문에 포터블 기기로서의 사용이 곤란하였다[7].

본 연구에서는 이러한 문제점을 개선하기 위하여, 유전체기판을 사용하여 라디에이터의 폴딩기법을 통하여 소형화를 가능하게 하며, 라디에이터 기판과 선로기판의 사이에 에어갭을 두어 방사효율 및 안테나 게인을 높여 통달거리는 늘리며, 선로기판에 위상분리회로를 구현하여 원편파 발생을 시켜 태그위치에 관계없이 통신이 되게 하여 태그 리더기의 가장 핵심부품인 리더기 안테나를 경량, 소형화하는데 목적이 있으며, 특히 기존의

\* 교신저자(Corresponding Author): 신천우, 주소: 부산광역시 남구 대연3동 314-79 경성대학교 정보통신공학과 8호관 618호(608-736), 전화: (051) 663-5151, FAX: (051) 628-4476, E-mail: cwshin409@paran.com

\* 경성대학교 정보통신공학과

\* 이 논문(저서, 발표, 전시)은 2010학년도 경성대학교 학술연구비지원에 의하여 연구되었음.

리더기에서 사용되는 무거운 고유전율 세라믹 안테나를 가벼운 유전체기판을 이용하여 대체 개발하는 것에 있으며, 나아가 더욱 성능이 우수한 안테나를 개발하는 것이 있다.

## 2. 고효율 USN 리더기 안테나의 모델

910MHz 대역에서 공진하면서 소형으로, 방사효율을 높이면서 원편파를 발생 할 수 있는 안테나를 구현하기 위하여 다음과 같이 방법을 제안 하였다.

소형화를 위한 모델로는, 핸디형의 표준사이즈인 80×80mm 크기에 910MHz의 주파수에 해당하는 파장이 들어갈 수가 없기 때문에  $\lambda/2$ 인 사이즈를 폴딩기법을 통하여 구부려 패치를 형성한다. 또한 라디에이터의 방사효율을 높이기 위하여 라디에이터가 형성되는 PCB와 급전선로가 형성되는 PCB 사이에 에어갭을 넣어 실효유전율은 낮추어 방사효율을 높이는 구조를 제안하였다. 그리고 USN 태그의 위치와 방향에 관계없이 리더기에서 읽혀질 수 있도록 리더기에서 방사되는 전파는 원편파가 발생될 수 있게, 포트에서 인입되는 신호를 90도씩 4분할회로를 통하여 4상한으로 분할한 후에 4개의 급전점을 통하여 라디에이터 PCB로 연결하여 소형이면서 고효율 USN 리더기용 안테나의 모델링을 제안하였다.

다음 부착위치가 불규칙한 USN 태그를 균일하게 통신하기 위해서 원편파를 발생시켜야 하는데 이를 위해서, 급전선로에서는 입력되는 신호를 4상한으로 분리시켜 라디에이터에 급전시키는 구조를 제안하였다. 유전체기판 위에 사각형의 패치 형태의 라디에이터를 구성하고 이 사각형의 패치에 급전을 함에 있어, 하나의 급전점에 급전을 하는 기존의 방식에 대비하여, 본 연구에서는 들어오는 신호를 90도씩 위상분할을 하여 0도, 90도, 180도 270도 4개의 신호를 만들어 4개의 신호를

하나의 라디에이터에 90도씩 각 방향에 급전하는 모델을 제안한다. 이렇게 사각형의 라디에이터 4분면에 각각의 위상에 맞는 급전점을 형성하고, 각 4분면에 시계방향으로 위에서부터 0도, 90도, 180도, 270도 4개의 서로 위상이 다른 동일한 신호를 급전함으로 인해 각 신호는 각 4분면의 한방향으로 향하려 하던 것을 4개의 신호가 위상이 서로 90도씩 위상차이가 나는 관계로 발산되는 전/자계는 회전을 하게 된다. 이렇게 하나의 사각형의 패치에 4개의 서로 다른 위상을 급전하게 되면, 기존의 하나의 급전방식을 적용할 경우보다 라디에이터의 급전점에 에너지가 집중되지 않고 4분면으로 분산되면서 회전하는 원편파를 발생시킬 수 있게 되어 발산되는 전/자계의 밸런스가 무너져 축비가 나빠지는 문제점을 방지할 수가 있게 된다.

안테나의 경량화를 위해 제안한 방식에서, 유전체기판에 동박을 에칭하여 라디에이터를 형성하는데, 이때에 910MHz 대역의 파장은 주어진 조건 80×80mm 사이즈를 크게 초과하게 되므로, 이 안테나 라디에이터를 소형화하기 위하여 [그림 2]와 같이 제안하였다. [그림 2]의 (a)에 나타난 것과 같이 일반적인 사각형의 라디에이터를 소형화하기 위하여 [그림 2]의 (b), (c)와 같이 공진주파수에 영향을 미치는 길이(L) 부분을 그대로 두고, 공진주파수에 영향을 미치지 않는 폭(W) 부분을 줄여 0도, 180도 수직으로 공진하는 (b)와 90도, 270도 수평으로 공진하는 (c) 라디에이터를 만든다. 이 (b)와 (c) 두 라디에이터를 하나로 합쳐 (d)와 같이 만들고, 다시 소형화를 위하여 수직(b) 및 수평(c) 라디에이터를 절곡하여 [그림 2]의 (e)를 만들어 소형화를 추구한다. 일반적으로 이렇게 라디에이터를 소형화하고 절곡하게 되면 급전하기가 어려우며, 특히 원편파 발생에서 전/자계의 밸런스가 깨어져 원활한 원편파 발생이 어려우나

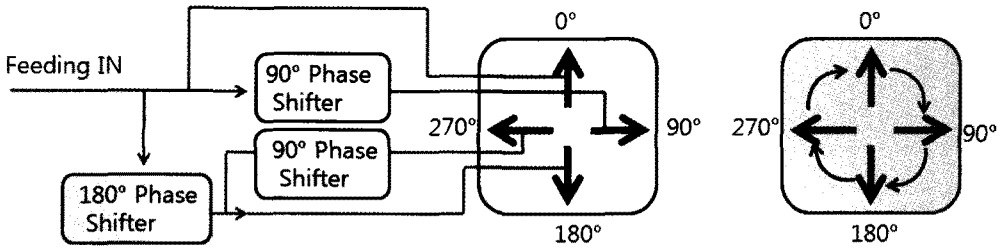


그림 1. 고효율 원편파 발생 안테나의 모델

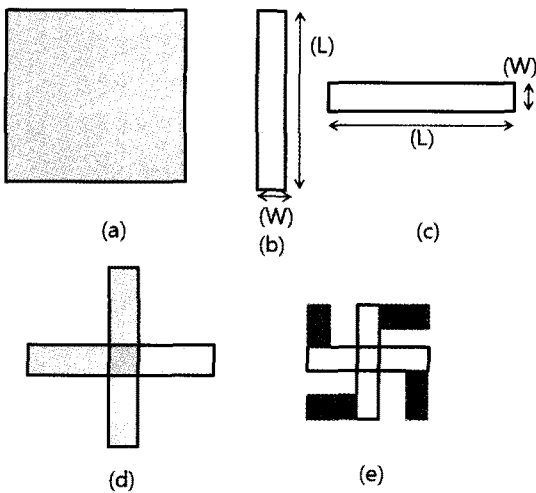


그림 2. 안테나 패치의 소형화 방법

본 연구에서 제안한 4상한 위상분리형 급전방법을 채택하게 되면 효율이 높고 원활한 원편파 발생이 이루어진다.

이렇게 라디에이터의 폭을 좁히고 2개의 라디에이터를 포개어 다시 굽혀 폴딩으로 구성한 원편파 안테나의 경우에는 주어진 파장 보다 소형으로 제작이 가능하게 원편파의 발생이 순조롭게 발생이 됨으로 인해 기존의 세라믹형의 안테나 보다 훨씬 가볍고 방사특성이 우수한 안테나를 구현할 수가 있게 된다.

### 3. 고효율 USN 리더기 안테나의 컴퓨터시뮬레이션

위에서 모델링한 고효율 USN 리더기 안테나

를 컴퓨터시뮬레이션을 통하여 공진주파수 및 대역, 방사결과를 검토하여 USN 리더기 안테나에 관한 가능성을 확인한다.

[그림 2]의 모델에서 가로, 세로 80×80mm 크기에 두께 0.8um의 유전체기판 위의 상부면에 두께 35um의 동박을 폭 5mm로 길이방향으로 910 MHz 공진주파수의  $\lambda/2$  에 해당하는 라디에이터를 형성하고, 80mm의 유전체기판 위에 910MHz의  $\lambda/2$  길이를 형성하기에 좁은 면적이므로 라디에이터의 끝을 [그림 2]의 (e)와 같이 구부리고, [그림 3]의 (a)와 같이 다시 한 번 더 구부려 좁은 면적에도 910MHz의 긴 파장에 공진할 수 있는 라디에이터 패턴을 형성한다. 910MHz를 공진하는 주파수의  $\lambda/2$  파장은 진공에서는 165mm가 되나, 사용하는 재료의 유전율이 4.5를 가지는 FR-4를 기준으로 함으로 인해 실제 기판 위에서의 파장은 78mm가 된다. 그러나 이것은 정사각형의 라디에이터를 기준으로 계산된 것이므로, 이번 연구

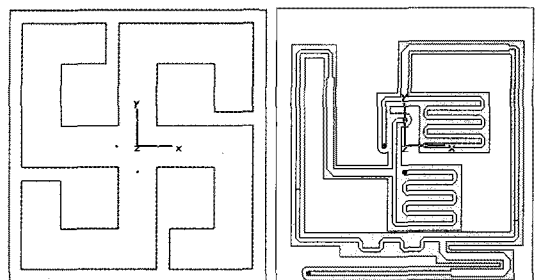


그림 3. 고효율 USN 리더기 안테나의 라디에이터(a) 및 급전선로 패턴(b)

에서는 라디에이터의 폭(W)을 길이(L) 보다 좁게 형성하여 실효 유전율이 낮아져 실제의 라디에이터 길이(L)는 120mm 정도 길어지는 것을 확인할 수가 있었다. 이로 인해 120mm 정도의 라디에이터를 80mm 크기의 기판 위에 형성하는 것이 불가능하므로 라디에이터를 [그림 3]의 (a)와 같이 2번 구부려 폴딩 라디에이터를 형성한다. 수직으로 형성된 라디에이터의 윗부분은 0도 급전을 위한 라디에이터이며, 아랫부분은 180도 급전을 위한 라디에이터이다. 수평으로 형성하는 라디에이터도 동일한 개념으로 실효 유전율의 효과에 의해 실제 길이는 진공상의 길이보다 긴 120mm 정도로 형성이 되고, 수평으로 다 형성이 불가능한 관계로 2번 폴딩하여 [그림 3]의 (a)와 같이 수평 오른쪽 라디에이터는 90도 급전을 위한 라디에이터이며, 수평 왼쪽 라디에이터는 270도 급전을 위한 라디에이터로 구성이 된다. 이로서 유전체기판 위에 형성된 4개의 라디에이터에 각각 90도, 180도, 270도 360도의 위상이 급전이 되면 회전하는 원편파를 발생하는 RHCP 안테나가 구현이 된다.

급전회로는 [그림 3]의 (b)와 같이 도면의 좌측

말 부분의 급전점에서 급전되어 들어오는 신호는 먼저 180도 위상 분리회로를 통과하여 0도 신호와 180도 신호로 나뉜다. [그림 3]의 (b)와 같이 0도 신호는 다시 위로 올라가 90도 위상분리회로를 통과하여 0도 신호와 90도 신호로 나뉘어져 0도 신호는 -X 축에 급전되고, 90도 신호는 +X 축에 급전된다. 180도 위상분리기에 의해 분리된 180도 신호는 다시 90도 위상분리기를 통하여 나뉘어져 180도 신호와 270도 신호로 2분기 되어 180도 신호는 +Y 축에 급전되고 270도 신호는 -Y 축 신호에 급전된다. 이로서 들어오는 입력신호는 180도 위상분리기와 2개의 90도 위상분리기를 통하여 0도, 90도 180도 270도 4개의 신호로 분리되고, 다시 각 신호는 위의 라디에이터에 급전됨으로 인해 0도->90도->180도->270도->0도 순으로 회전하게 되어 RHCP 원편파가 발생이 된다. 물론 LHCP 원편파를 발생하는 경우도 순서를 바꾸어 급전하게 되면 LHCP가 발생이 된다.

이러한 4상한 위상분리기와 4개의 날개를 가진 라디에이터를 결합하게 되면 [그림 4]와 같이 RFID ISM 대역인 930MHz 대역에서 삽입손실이

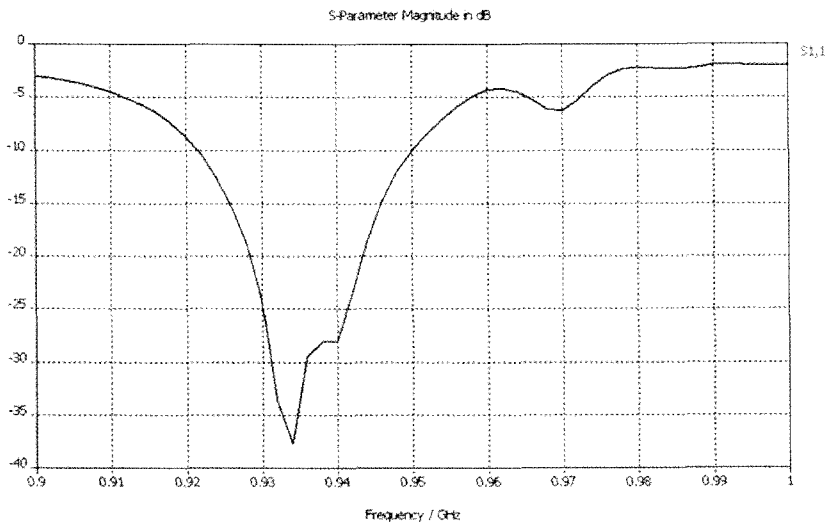


그림 4. 고효율 USN 리더기 안테나의 삽입손실(S11) 특성 시뮬레이션 결과

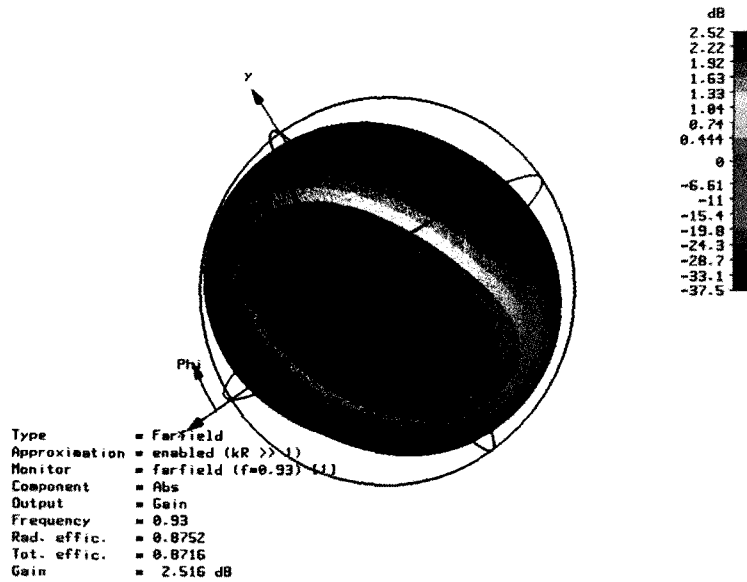


그림 5. 고효율 USN 리더기 안테나의 930MHz대 방사특성 시뮬레이션 결과

-30dB정도 얻어지는 안테나가 얻어지게 된다. 현재 한국에서 허용된 RFID ISM대역은 910MHz 대역이나, 930MHz 대역에 공진을 한 이유는 실제 회로에 실장하게 되면 회로의 외부 플라스틱 함체에 의하여 공진주파수가 -20MHz 정도 내려가기 때문에 사전에 보정을 하여 930MHz에 공진을 한 것이다. 그리고 이때의 방사패턴은 [그림 5]와 같이 방사효율 85%, 피크게인 2.5dBi 양호한 안테나가 됨을 알 수가 있다. 그리고 RFID ISM 인근각 대역에서의 방사효율과 피크게인을 확인하면 [표 1]과 같이 47%~87% 얻어지고, 게인도 1.3 dBi~2.5dBi 정도 차이를 보이게 되는데, [그림 4]와 같이 공진특성이 가장 우수한 주파수인 930 MHz에서의 방사효율과 피크게인이 가장 좋게 나

타남을 알 수가 있다.

#### 4. 제작 및 튜닝과정

위에서 시뮬레이션한 고효율 USN 안테나를 유전율 4.5의 FR-4 기판을 이용하여 예칭기법으로 제작을 하였다. 제작된 안테나의 크기는 [그림 6]과 같이 가로, 세로 80×80mm에 0.8mm 두께로 제작되었으며, 동박의 두께는 0.035mm로서 기판의 윗면에는 폴딩된 라디에이터가 4개 형성이 되어 있고, 아랫면에는 급전선로 및 4상한 위상기가 형성이 되어있다.

이와 같이 고효율 USN 리더기 안테나를 복수

표 1. 제안된 고효율 USN안테나의 910MHz ISM RFID 대역의 컴퓨터시뮬레이션 결과

주파수(MHz)	910	920	930	940	950
방사효율 (%)	48	71	87	87	70
피크게인(dBi)	1.4	2.1	2.5	2.2	1.3

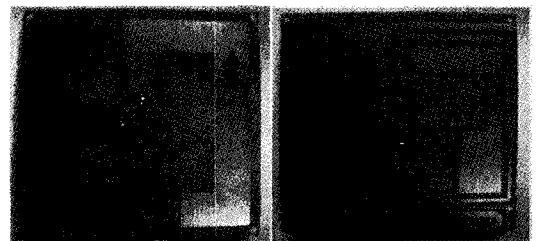


그림 6. 제작된 고효율 USN 안테나

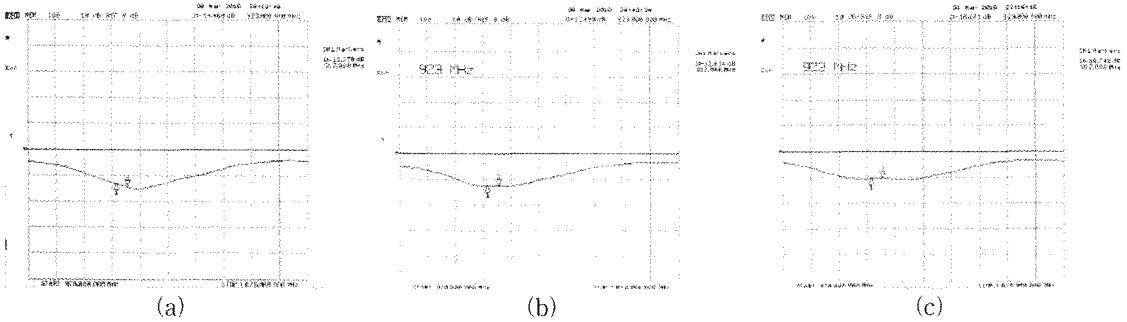


그림 7. 제작된 고효율 USN 안테나 (a), (b), (c)의 반사손실

개로 제작하여 그중 3개를 샘플 시험을 하였다. 3개 샘플의 반사손실(S11)특성은 [그림 7]의 (a), (b), (c)와 같이 910MHz~950MHz 정도의 주파수 범위에서 -10dB~-15dB까지 Broad하게 얻어졌다. 이러한 특성을 좀 더 개선하기 위하여 [그림 6]의 (a)사진과 같이 라디에이터의 수평길이(HL)와 수직길이(VL)를 조정하여 급전점과 라디에이터의 길이를 조절하여 공진특성을 개선하는 노력을 하였다. 그 결과 902MHz~930MHz까지 반사특성(S11)이 -10dB 범위에 들어가고, 중심주파수인 917MHz 에서의 반사특성이 -20dB를 초과하는 정도의 특성으로 개선을 하였다. [그림 8]과 같

이 이때의 Smith-Chart를 보면 인덕턴스 성분과 캐패시턴스 성분이 골고루 분산되고, 중심주파수에서 회전을 하여 중앙에 들어가는 것을 확인할 수가 있다.

이렇게 개선된 USN 안테나의 특성을 확인하기 위하여 실제 사용되는 이동형의 USN 리더기에 부착하여 [그림 9]와 같이 3-D챔버에 넣어 방사특성 및 방사효율을 측정하여 [그림 10]과 같이 910MHz~930MHz 범위의 주파수에서 방사효율 50% 이상, 방사평균계인 -2.5dBi 내외, 피크계인 1.6dBi~2.1dBi 정도 얻어졌다.

이렇게 제작된 안테나를 이동형 USN 리더기에 넣어 실제 사용되는 태그를 이용하여 태그를 인식하는 동작시험을 전파 무향실내의 챔버에서 실시하였다. 전파무향실에서 한 이유는 주위 장애

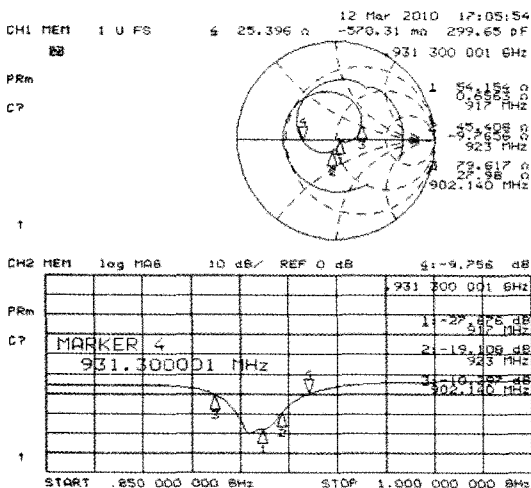


그림 8. 튜닝을 통하여 개선된 안테나의 반사손실 및 Smith-Chart

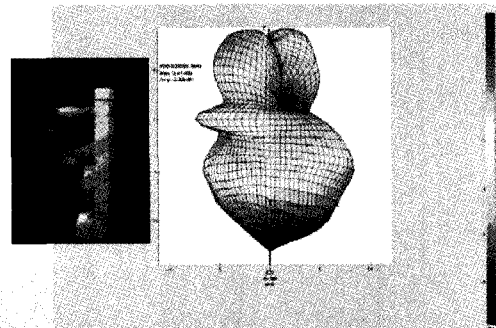


그림 9. 제작된 고효율 USN 안테나의 3-D챔버 측정 및 방사특성

	Efficiency	Average gain			Maximum gain		
		Ver	Hor	Total	Ver	Hor	Total
010.000000 MHz	56.0 %	-4.1 dBi	-7.6 dBi	-2.5 dBi	1.8 dBi	0.3 dBi	2.1 dBi
015.000000 MHz	55.5 %	-4.2 dBi	-7.6 dBi	-2.6 dBi	1.3 dBi	0.2 dBi	1.7 dBi
020.000000 MHz	56.1 %	-4.2 dBi	-7.5 dBi	-2.5 dBi	0.7 dBi	0.0 dBi	1.6 dBi
025.000000 MHz	55.1 %	-4.3 dBi	-7.5 dBi	-2.6 dBi	-0.4 dBi	-0.5 dBi	1.6 dBi
030.000000 MHz	51.0 %	-4.6 dBi	-7.9 dBi	-2.9 dBi	-0.6 dBi	-0.1 dBi	2.1 dBi

그림 10. 튜닝을 통하여 개선된 안테나의 게인 및 효율

물에 의한 반사파의 영향을 받지 않고 안테나만의 전파 특성을 확인할 수가 있기 때문이다. 시중에서 많이 사용되는 태그 중에서 3개의 대표적인 샘플을 정하여 각 샘플별로 각각의 위치를 정하고, 0도, 45도, 90도, 135도로 부각하여 제작된 안테나 별로 인식하는 거리를 시험하였다. 인식시험은 공정한 시험을 위하여 [그림 11]과 같이 전파무향실인 3-D 챔버 내에서 실시하고, 실제 시험을 한 결과를 [그림 12]에 나타내었다. 태그의 위치 및 방향이 인식거리에 영향을 미치는 점을 확인할 수가 있었다. 이러한 결과의 이유로는 태그의 경우에는 선형편파를 발생하는데, 리더기의 경우 완벽한 원편파를 만들지 못하고, 축비가 차이가 나서 태그의 위치에 따른 인식거리의 차이가 나는 것으로 판단된다. 리더기의 원편파 발생치 축비가 차이가 나는 이유는 VSWR 을 맞추고 주파수 튜

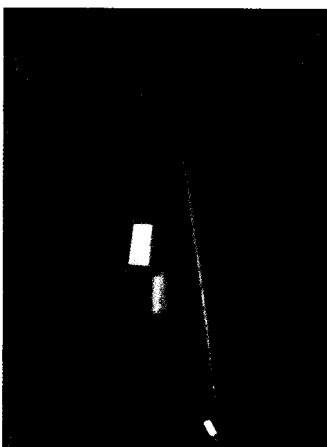


그림 11. 챔버내에서의 태그 위치별 인식 실험

닝을 하는 과정에서 전자파의 방사비가 밸런스가 깨어져 원편파 발생의 축비가 틀어진 것에 기인한 것으로 판단된다.

### 5. 결 론

이상으로 두께 0.8mm의 유전체기판을 이용하여 80×80mm 사이즈에 910MHz에 공진되는 RFID USN Reader용 안테나 개발이 되었다. 제작된 안테나는 반사손실이 -10dB에서 30MHz 정도의 대역이 얻어졌으며 방사효율이 50% 이상 되었으며, 평균게인 -2dBi 이상, 피크게인 1dBi-2dBi 이상 되어 실용화에 충분히 가능하였으며,

종류1 tag 의 거치상 태				
#1 샘플	3.3	1.7	3.5	4.5
#2 샘플	≥ 5.0	1.5	1.8	≥ 5.0
#3 샘플	≥ 5.0	1.4	1.2	4.5

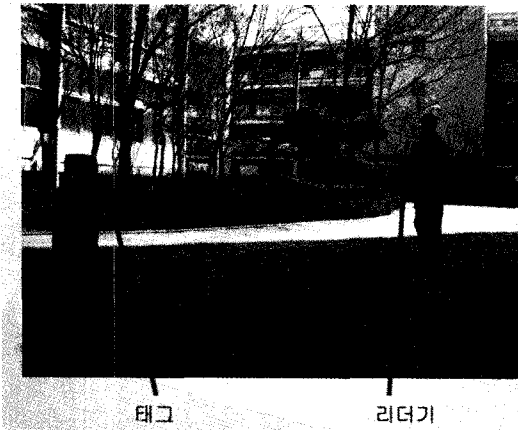
종류2 tag 의 거치상 태				
#1 샘플	1.3	0.8	1.4	1.5
#2 샘플	1.5	0.8	1.1	1.7
#3 샘플	1.7	1.0	0.6	1.6

종류3 tag 의 거치상 태				
#1 샘플	1.6	1.2	1.7	1.8
#2 샘플	4.2	1.3	1.6	4.2
#3 샘플	4.2	1.0	0.9	4.1

그림 12. 제작된 안테나로 측정된 태그모델별, 태그위치별 인식거리(M)

### 참 고 문 헌



태그 리더기

그림 13. 고효율 USN 안테나를 내장한 단말기의 실외 실험 풍경

무게는 20g 정도로 기존의 세라믹 유전체 안테나에 비하여 1/10 정도로 경량화에 성공을 하였다. 기존 휴대용 USN Reader기에 부착하여 성능을 시험하였으며, 성능시험결과 태그별 종류에 따라 1M~5M 정도 인식이 되었으며, 각 태그의 부착 위치에 따라라도 1M~5M 정도 인식거리가 달라지는 것을 확인할 수가 있었다. 이러한 태그별 및 태그부착 위치별 인식거리가 달라지는 현상은 Reader 안테나의 원편파 특성과 태그의 선형편파 특성의 차이로 생각되며, 이 문제를 해결하기 위해서는 리더기의 선로기판의 위상분배 특성을 좀더 정확하게 하여 위상오차를 줄여 발생하는 원편파의 축비의 분산을 줄여야 될 것으로 생각된다. 그렇지만 소형 핸디형 USN 리더기에 부탁하여 1~5M 정도에서 여러 종류의 태그들이 다양한 각도에 부착이 되더라도 인식이 됨을 확인하여 소형, 경량 핸디형 고효율 USN Reader기용 Antenna로서는 충분히 사용이 가능함을 알 수가 있었다.

- [1] 주재한, 천중훈, “900MHz 대 RFID 리더기 안테나 설계에 관한 연구,” 한국통신학회논문지, 제33권, 제12호, pp. 473-478, 2005.
- [2] 강민식, 최익권, “900MHz 대 RFID 휴대 리더용 원편파 안테나 소형화,” 한국전자과학회논문지, 제19권, 제4호, pp. 411-417, 2006.
- [3] 이주용, 추호성, 박익모, 한원근, “UHF대역 CP 스파이럴 RFID 리더 안테나 설계,” 한국전자과학회논문지, 제19권, 제5호, pp. 562-571, 2008.
- [4] 임정현, 강봉수, 좌정우, 김홍수, 양두영, “Hilbert 커브 프랙탈 구조를 이용한 부분 접지된 RFID 리더 안테나,” 한국콘텐츠학회논문지, 제7권, 제4호, pp. 30-38, 2007.
- [5] 김상기, 최익권, “휴대용 UHF RFID 리더기용 원편파 마이크로스트립 안테나의 대역폭 개선,” 한국전자과학회논문지, 제19권, 제4호, pp. 404-410, 2008.
- [6] 강채운, 윤기호, “UHF RFID 리더기용 송수신 겸용 이중 편파 안테나,” 한국전자과학회논문지, 제16권, 제12호, pp. 1213-1221, 2005.
- [7] 윤기호, “UHF RFID Reader용 사각 환형 소형 능동 안테나,” 한국전자과학회논문지, 제18권, 제3호, pp. 315-322, 2007.



신 천 우

- 1984년 영남대학교 전자공학과 공학사
- 1987년 영남대학교 전자공학과 석사
- 1996년 일본 오사카대학 기초공학부 시스템 공학박사
- 1996년~1999년 동명정보대학교 정보통신공학과 조교수 및 부설 센서기술연구소소장
- 1999년~현재 경성대학교 정보통신공학과 교수
- 관심분야: 밀리미터웨이브, 초고주파통신시스템, RF 회로설계, 스마트안테나