

모바일 RFID의 인식거리(Read Range)

윤병태 · 김용진 ·
이성수 · 김영일
삼성종합기술원
Communication and
Network Lab.

I. 서 론

사물(object)에 접촉하지 않고 사물 또는 그 주변에 대한 정보를 인식하는 RFID(Radio Frequency Identification) 기술은 최근 요구되고 있는 유비쿼터스(Ubiquitous) 환경에서의 필수적인 핵심 기술이다. 멀지 않은 미래에, 사람들은 자신 주변의 많은 사물에 부착된 RFID 태그로부터 자신이 얻고자 하는 정보를 얻을 수 있을 것이다. 이미 UHF 대역의 유통, 물류 분야에서는 그 수요가 증가하는 양상에 있으나 개인 휴대 단말기(mobile terminal)에서의 RFID 적용은 상용화 단계에 이르지 못하고 있다. 실생활에서 모바일 RFID의 어플리케이션에 관한 연구 및 논의는 한창 진행 중에 있다. 쉽게 생각해 볼 수 있는 모바일 RFID의 사례로 RFID 태그가 부착된 e-poster를 통해 음악이나 영화의 예고편을 내려 받거나 식당의 메뉴를 검색하는데, 우선적으로 적용될 수 있다. RFID 리더가 개인 휴대 단말기에 탑재되기 위해서는 우선적으로 안테나의 소형화 기술이 필요하다. 그러나 안테나의 소형화 요구를 만족시키면서도, RFID 통신이 가능한 안테나 요구사항, 예를 들면 안테나 이득, 편파 등을 만족시키는 것이 중요한 과제이다.

본 논문에서는 우선, 안테나 이득과 인식거리의 상관관계를 보이는 것에 집중하였다. 다양한 종류의 RFID 리더 안테나를 사용하여, 안테나의 종류 및 이득 변화에 따른 인식거리의 변화를 측정, 분석하여

모바일 RFID 안테나의 적절한 이득값을 제안하고자 한다.

본 논문의 측정에 사용된 RFID system은 Alien사의 상용 RFID system이었으며, Alien사에서 제공된 Conformal형의 6 dBi 이득을 가지는 안테나를 기준에 알려진 다른 안테나로 바꾸어 다는 형태로 인식거리를 측정하였다. 또한, 측정의 경우 한국해양대학교의 무반사실과 삼성종합기술원의 회의실에서 시행되었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 모바일 핸드셋(hand set)에 필요한 RFID 리더 안테나의 전반적인 형태와 구조, 그리고 영향인자를 간략하게 설명하고 III장에서는 시험에 사용된 여러 형태의 안테나를 소개한다. IV장에서는 RFID의 인식거리를 이론적 모델을 제시하고 실측된 인식거리를 정리하여 계산치와 비교한다. V장에서 결론을 내린다.

II. 모바일 RFID 안테나

RFID 서비스의 적용에 있어서, 안테나에 대한 관심은 주로 태그와 관련되어 연구되어 왔다. 태그의 경우, 안테나와 chip impedance와의 matching 문제, 사물에 부착되었을 때의 impedance 왜곡 문제, 주변 환경의 변화에 따른 인식거리 축소 등의 문제점들을 풀기 위하여, 많은 연구가 진행되고 있다^{[1]~[3]}. 하지만 모바일 RFID를 위한 리더용 안테나에 대한 관심은 상대적으로 그 중요성이 부각되지는 않았다.

근래에 휴대 단말기에 RFID 서비스 제공을 위한 UHF 대역의 리더기 장착 연구가 활성화 되면서, 소형의 RFID 리더용 안테나 개발을 위한 연구가 관심을 끌기 시작하였다. 휴대 단말기에 RFID 서비스를 위한 UHF 대역의 안테나를 장착하기 위해서는, 안테나의 소형화가 필수이며, 소형화 안테나이면서도 안정적인 인식거리를 제공할 수 있을 정도의 이득이 절대적으로 필요하다. 안테나의 이득을 최대한 높임으로써, 적은 transmit power로도 보다 효과적인 RFID 서비스를 제공하고자 하는 연구가 보다 활발히 진행되리라 본다. 본 논문의 결과가 비록 한정된 경우의 인식거리 결과를 보여주나 향후의 RFID 인식거리 예측 및 측정, 안테나 개발에 도움이 되고자 한다.

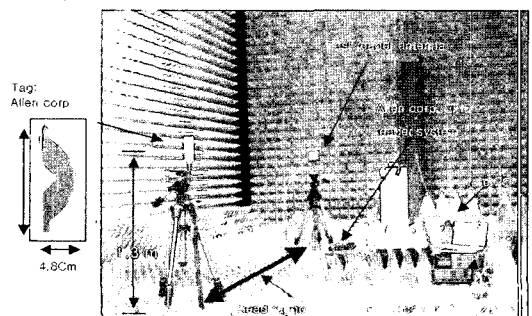
III. 측정에 사용된 안테나

인식거리를 확인하기 위해 사용된 안테나는 5종의 형태로 Patch type, 반파장 다이폴 타입, 휴대폰 실장용 Inverted F type, 휴대폰용 monopole type 그리고 상용 Alien 리더 안테나이다. 각 형태마다 안테나 길이의 변화 혹은 두께의 변화에 따른 2~3개의 sub-model들이 측정되었다. 각 안테나의 이득은 Amphenol KAE의 3-D chamber에서 측정되었으며, 안테나 이득은 boresight 기준으로 -2.62 dBi에서부터 6.13 dBi까지 고르게 분포한다. 각 안테나에 따른 자세한 이득은 <표 1>에 나와 있다.

인식거리 측정 configuration은 [그림 1]에 나타내었다. RFID 실제 서비스의 경우, 무반사실과 같은 환경이 아니라 multipath가 산재한 환경이긴 하지만, 본 연구를 통해서 확인하고자 했던 바는 multipath를 최소화한 상황에서의 인식거리를 보고자 했다. 측정에 사용된 시스템의 출력 전력(P_1)은 1 W이며, 태그의 수신감도와 안테나의 이득은 각각 -10 dBm과 0 dBi이다. 측정 결과, 무반사실에서 측정된 Indoor의

<표 1> 측정에 사용된 안테나의 종류 및 이득에 따른 인식거리

	안테나 종류	안테나 이득 [dBi]	인식거리 [m]
A	휴대폰용 monopole antenna(extended)	-2.62	1.94
B	Microstrip antenna 1 (12 cm×12 cm×0.1 cm)	-2.448	1.98
C	휴대폰용 Inverted F type antenna (Boresight direction)	-1.176	2.29
D	휴대폰용 monopole antenna(retracted)	-0.62	2.44
E	휴대폰용 Inverted F type antenna (Edge-on direction)	-0.34	2.52
F	Dipole type antenna 1 (14.2 cm×1 cm×0.1 cm)	2.126	3.35
G	Dipole type antenna 2 (14.2 cm×4 cm×0.1 cm)	2.146	3.36
H	Dipole type antenna 3 (13.4 cm×4 cm×0.1 cm)	2.45	3.48
I	Microstrip antenna 2 (12 cm×12 cm×0.3 cm)	3.06	3.73
J	Commercial Alien RFID reader antenna (20 cm×20 cm)	6.13	5.31



[그림 1] 인식거리 측정을 위한 무반사실 시험

회의실에서의 측정결과에 비해 현저한 인식거리의

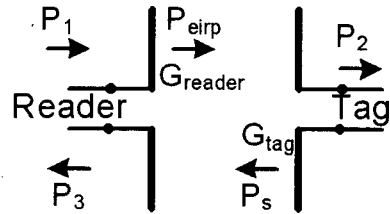
변화를 보이진 않았다. 이는 회의실과 무반사실에서 측정 환경의 차이가 그리 크지 않으므로 예측된 결과이다. 다만, 인식거리 측정시 리더나 태그의 매우 근접한 거리에 사람이나 금속체가 위치할 경우, 인식거리가 5~10% 정도 늘어남을 확인할 수 있었다. 이는 가까운 거리에 있는 물체가 반사판 역할을 하여 전달되는 power의 총량을 증가시킨 결과라고 생각되어진다. 보다 자세한 측정 결과와 인식거리의 이론적 계산 결과의 비교는 다음 장에서 설명하였다.

IV. 인식거리

RFID의 리더와 태그가 통신을 하기 위해서는 먼저 태그가 활성화되기 위한 충분한 파워가 리더로부터 제공받아야 하며 태그로부터 되돌아온 시그널 파워가 예리없이 리더에 의해 읽힐 수 있도록 충분해야 한다. 이런 문제를 가장 쉽게 해결하는 방법은 리더의 송출 파워(transmission power)를 높임으로써 가능하나 각국의 규정에 따라 제한을 받는다. 따라서 제한된 송출 파워의 규정 내에서 인식거리를 높일 수 있는 안테나의 설계 기술이 필요하다. 그러나 안테나의 이득이 높으면서 소형화 된 안테나를 만드는 것은 간단한 문제가 아니다. 휴대 단말기에 적용될 RFID의 적절한 인식거리를 판단하여 그에 맞는 이득을 가지는 안테나를 제작하는 것이 요구된다.

4.1 인식거리 계산

RFID 시스템에서의 각 위치에서의 파워의 표기를 [그림 2]에 간단히 나타내었다. 그림에서 G_{reader} 와 G_{tag} 은 각각 리더 안테나와 태그 안테나의 이득(gain)이며 P_{eirp} 는 P_1 (transmitted power)과 G_{reader} 의 곱으로 나타낼 수 있다. P_s 는 태그로부터 반사되는 전력이다. 안테나와 정합이 되었다고 가정했을 때 파워 손실(path loss)은 다음과 같이 표현된다^[4].



[그림 2] RFID 시스템에서 본 파워의 흐름에 따른 표시

$$\frac{P_3}{P_1} = \left(\frac{\lambda_0}{4\pi r} \right)^4 k \cdot G_{reader}^2 \cdot G_{tag}^2 \quad (1)$$

여기서 k 는 상수로 방사 저항(radiation resistance, R_r)과 태그 칩의 입력 임피던스(input impedance, Z_T)와의 관계에 의해서 결정되며 R_r/R_A 의 비에 따른 태그 안테나의 REA(relative effective aperture)와 RSA(relative scatter aperture)의 값을 찾아내야 한다. 이때의 REA의 값이 곧 k 의 값이 되며 0~4의 값을 가진다. 그러므로 이를 실제 인식거리를 구하기 위해 쓰기에 태그 칩의 사양을 정확히 알아야 하는 한계가 있다. 따라서 인식거리를 예측하기 위해 더 간단한 모델이 필요하다.

여기서는 Friis 공식으로부터 인식거리를 계산하기로 한다. 실제 RFID 시스템(900 MHz 대역)에서 리더의 수신감도(Receive Sensitivity)는 -95 dBm 정도로 -10 dBm 정도의 태그 수신감도보다 훨씬 좋으므로 태그에서 리더로의 패스 로스(path loss)를 감안 하더라도 태그가 활성화되기 위한 충분한 전력이 리더로부터 제공되면 시스템이 동작된다고 가정할 수 있다. 이는 모바일 RFID 특성상 리더와 태그와의 거리가 패스 로스를 감내할 거리 안에 있다고 보는 것이다.

일반적으로 송신전력(P_T)이 송신 안테나의 이득(G_T)의 곱으로 송출되면 이득(G_R)을 가지는 수신 안테나를 통해 수신 전력(P_R)이 전달된다. P_T 와 P_R 의 관계는 Friis 공식으로부터 다음과 같이 간단히 표현된다^[5].

$$\frac{P_R}{P_T} = \frac{G_T G_R}{L} \eta \quad (2)$$

여기서 η 는 효율 계수(total efficiency factor)로서 편파 정합 효율(polarization match efficiency)과 임피던스 정합 효율 등을 고려한 값이다. 여기서는 모두 정합되었다고 가정하고 효율 계수를 1로 가정한다. L 은 패스 로스이며 자유 공간(free space)에서 아래와 같이 표현된다.

$$L_0 = \left(\frac{4\pi f d}{c} \right)^2 \quad (3)$$

식 (2)와 (3)을 조합하여 인식거리(d_{read})를 태그의 수신 감도에 의해 결정되도록 한다.

$$d_{read} = k \left(\frac{c}{4\pi f} \right) \left(\frac{P_1 \cdot G_{reader} \cdot G_{tag}}{P_{3min}} \right)^{1/2} \quad (4)$$

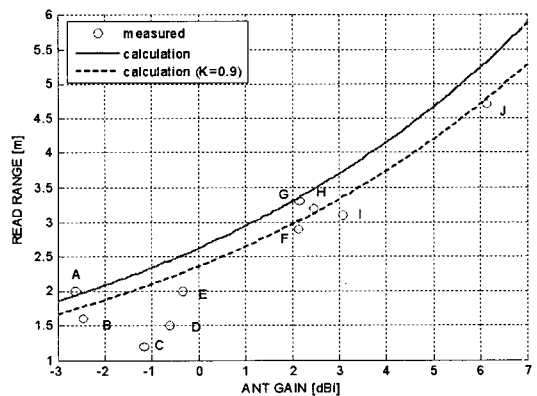
여기서 P_{3min} 은 태그 안테나의 수신 감도를 나타내고 K 는 단순히 측정값과 비교를 위해 첨가한 상수이다. 다음 절에서 적절한 K 값을 찾아내도록 한다.

4.2 측정 결과

무반사실에서 행한 안테나 이득에 따른 인식거리의 측정값을 <표 1>에 나타내었다. 표에서 보여진 것과 같이 안테나 이득 변화에 따른 인식거리의 변화 및 상호 상관 관계가 확인되었다. 안테나 이득이 -2.5 dBi~0 dBi의 경우, 약 120 cm~200 cm의 인식거리를 보였으며, 2 dBi~3 dBi의 경우, 약 3 m의 인식거리를 확보할 수 있었다. 또한, 상용화된 6 dBi의 안테나의 경우, 6 m 정도의 인식거리가 확보되었다. 따라서, 휴대폰에 장착되는 UHF 대역의 RFID 리더용 안테나의 경우, 휴대폰 장착 문제 및 소형화의 문제 때문에 최대 안테나 이득이 대략 -2 dBi 정도로 예상되며, 이때의 경우, 약 1 m 내외의 인식거리 확보가 가능할 것으로 예상된다. 또한, 두 개 안테나의 상호 비교의 경우, 안테나 이득은 크나 인식

거리는 오히려 작은 몇몇의 경우를 발견할 수 있다. 이런 경우, 단지 안테나의 이득뿐만 아니라 안테나의 RCS가 큰 경우에 인식거리가 증가함을 확인하였다. 물론, 본 측정의 결과는 직접 적용된 RFID system과 태그의 종류에 따라 변화되는 것은 확실하다. Indoor 회의실 환경에서 행한 인식거리 측정은 무반사실에서 행한 결과와 약 5~10% 이내 범위 안에서 차이를 보이지 않았다. 무반사실에서의 측정과 Indoor 회의실에서의 환경은 기본적으로 ground, ceiling 및 wall에서의 reflection path를 제외하고는 비슷하다고 할 수 있다. 따라서, 측정 오차를 제외하면 위에서 기술된 reflection path의 경우 인식거리에 거의 영향을 끼치지 않음을 확인할 수 있다. 인식거리의 경우, 태그나 혹은 리더에 보다 근접한 산란체에 의한 multipath에 보다 민감한 경향을 보인다.

무반사실에서의 인식거리 측정값과 (4)에 의해 얻은 계산값과의 비교는 아래 [그림 3]에 보였다. 원형의 마크는 <표 1>의 측정값을 표시하였고 실선은 (4)에 의해($K=1$) 계산된 값이다. 안테나의 이득만을 가지고 단순한 계산을 통해 인식거리를 유추하기 위해 (4)의 90%($K=0.9$)를 인정하여 점선으로 나타내었다. 안테나의 이득으로 RFID의 인식거리를 유추하기에는 유용하다 하겠다.



[그림 3] 안테나 이득에 따른 인식거리의 변화

V. 결 론

본 논문에서는 900 MHz 대역 RFID 인식거리에 대하여 논하였다. 무반사실 및 indoor 회의실 환경에서 실측하였고 이론적 계산식과도 비교하였다. 회의실 환경에서 측정된 인식거리는 무반사실에서의 측정값과 큰 차이가 없음을 확인하였다. 실측을 바탕으로 리더의 안테나 이득이 핸드셋에 장착되었을 경우 -2 dBi 정도에서 모바일 RFID의 요구 수준인 1 m 내외의 인식거리를 가질 수 있을 것으로 예측하였다. 다만, 이 경우의 출력 power는 1 W 기준이므로, 출력 power가 줄어들면, 인식거리도 비례하여 줄어든다. 안테나의 이득으로 RFID의 인식거리를 간단히 예측하기 위한 방법으로 Friis 공식에서 얻은 값의 90 % 수준으로 인식거리를 얻을 수 있음을 아울러 확인하였다. RFID 리더기나 태그에 가까운 산란체를 포함한 복잡한 환경에서의 시험으로 좀 더 정확한 인식거리에 대한 정보를 얻을 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] J. Siden, P. Jonsson, T. Olsson, and G. Wang, "Performance degradation of RFID system due to distortion in RFID tag antenna", *2001 International Conference on Microwave and Telecommunication Technology*, pp. 371-373.
- [2] L. Ukkonen, D. Engles, L. Sydanheimo, and M. Kivikoski, "Planar wire-type inverted-F RFID tag antenna mountable on metallic objects", *2004 International Symposium on Antennas and Propagation and USNC/USRI National Radio Science Meeting*, vol. 1, pp. 101-104, Jun. 2004.
- [3] C. A. Diuqwu, J. C. Batchelor, R. J. Langley, and M. Foqq, "Planar antenna for passive radio frequency identification(RFID) tags", *2004 AFRICON Conference in Africa*, vol. 1, pp. 21-24.
- [4] R. Vaughan, J. B. Andersen, *Channels, Propagation and Antennas for Mobile Communications*, The Institution of Electrical Engineers, London, 2003.
- [5] K. Finkenzeller, *RFID Handbook, Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification*, 2nd Ed., John Wiley & Sons, England, 2003.
- [6] M. Ohashi, "Ubiquitous service-using RFID tag reader on a mobile terminal", *Proc. ISADS 2005*, pp. 121-122, Apr. 2005.
- [7] 손해원, 최원규, 표철식, "UHF RFID 태그 안테나 기술", *한국전자과학회지 전자과학기술*, 16(2), 2005년 4월.

≡ 필자소개 ≡

윤 병 태



1988년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학사)
 1997년 2월: Ploy Tech. University Electrical Engineering (공학석사)
 2003년 6월: 뉴저지 공대 Electrical Engineering (공학박사)
 2003년 6월~2004년 5월: 뉴저지 공대

Electrical Engineering Post Doc. Researcher
 2004년 6월~현재: 삼성종합기술원, Communication & Network Lab. 전문연구원
 [주 관심분야] Channel modeling (MIMO, UWB), 전자파 산란에 관한 모델링 및 분석, RFID 등

이 성 수



1981년: 단국대학교 전자공학과 (공학사)
 1984년~1992년: 삼성전자 (주)통신사업부
 1993년~1998년: 삼성전자 (주)생산기술연구소 책임연구원
 1999년~2001년: 삼성전자 (주)중앙연구소 수석연구원

2001년~현재: 삼성종합기술원 Communication & Network Lab. 전문연구원
 [주 관심분야] CMOS RF IC, RF system, 안테나 및 전파전파 등

김 용 진



1992년 2월: 인하대학교 전기공학과 (공학사)
 1999년 3월: The Ohio State University Electrical Engineering (공학석사)
 2003년 6월: The Ohio State University Electrical Engineering (공학박사)
 2003년 7월~현재: 삼성종합기술원, Communication & Network Lab. 전문연구원

[주 관심분야] 소형 안테나 설계 (UWB, RFID reader & tag) 및 측정, 유전자 알고리즘, 전파전파 등

김 영 일



1989년 2월: 충남대학교 물리학과 (이학사)
 1991년 2월: 충남대학교 물리학과 (이학석사)
 1991년 2월~1996년 9월: 경북대학교 센서 기술연구센터 선임연구원
 1996년 10월~2001년 2월: 삼성전자(주) 중앙연구소 책임연구원

2001년 2월~현재: 삼성종합기술원 전문연구원
 [주 관심분야] 안테나 및 전파전파, RFID, UWB 등