

# 900MHz RFID를 이용한 자동요금징수시스템에 관한 연구

## A Study on Electronic Toll Collection System for Using 900MHz RFID

허 범, 박 병 호, 한 영 환, 성 현 경  
상지대학교

Heo Beom, Park Byeong-Ho, Han Young-Hwan,  
Seong Hyeon-Kyeong  
Sangji Univ

### 요약

본 논문은 900MHz 대역의 RFID를 이용하여 고속도로 자동 요금징수 시스템을 개발하고, 차량에 부착한 태그를 RFID 리더가 인식하는 효율을 높이기 위하여 최적의 태그부착위치와 안테나 설치위치에 대하여 연구하고 속도에 따른 인식률을 연구 하였다.

### I. 서론

USN이란 향후 국가 경쟁력을 좌우할 유망한 차세대 성장 동력이자 사회전반의 일대 혁신을 가져올 수 있는 중요한 미래 기술이다. USN의 여러 적용 분야 중 교통 분야를 보면 지능형 교통망(ITS, intelligent transport system)이 있으며, 지능형 교통망에는 버스, 지하철, 고속도로 등 여러 객체에 적용할 수 있다[1-2].

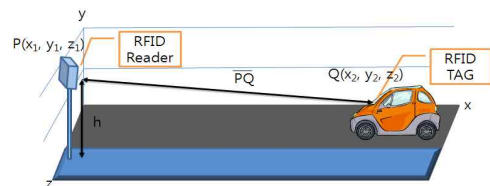
자동 요금 징수 시스템은 고속도로 진출입 시 톨게이트(tollgate)에서 정차하여 티켓을 발급받고 요금을 지불하는 방식이 아닌, 정차하지 않고 달리는 중에 특별한 매체를 통해 자동으로 요금을 지불하는 방식이다. 정차를 할 필요가 없기 때문에 고속도로 톨게이트 부근에서 상습적으로 발생하는 자정체 현상을 대폭 완화 시킬 수 있다.

본 논문에서는 가격이 저렴한 수동형 태그를 이용한 요금 징수 시스템의 개발을 위해 900MHz대역의 RFID를 이용한 테스트를 진행하고 결과를 분석한다. 본 연구의 결과는 고속도로 자동 요금징수 시스템뿐만 아니라 차량에 이용할 수 있는 여러 가지 결제 시스템 및 식별 시스템에서도 사용이 가능할 것으로 예상된다[3-5].

### II. 900MHz RFID를 이용한 자동 요금징수 시스템 실험

#### 1. 실험 개요

RFID를 이용한 자동요금징수 시스템의 실용성을 입증하기 위해 실험을 진행하였다. 본 실험에서는 900MHz 대역의 모바일 RFID 리더로 (주)인트정보시스템사의 RFID용 무선설비 INT-900H를 사용하였고, 태그로는 수동형 태그인 EPC Gen2 태그를 사용하였다. 리더는 UHF 910MHz에서 914MHz의 동작주파수를 갖는다. 실험에 사용한 기기는 최대 인식거리가 3.5m로 다소 짧은 거리를 가지고 있다.



▶▶ 그림 3. RFID 리더와 RFID 태그의 상대적 위치

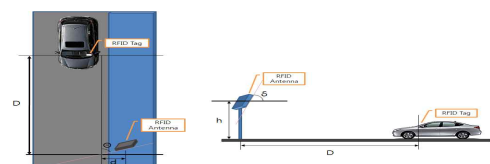
그림 3에서와 같이 3차원 공간에서 리더의 위치를 P, 차량에 부착된 RFID 태그의 위치를 Q라고 가정한다.

인식범위에서 PQ의 길이는 x축의 길이 보다 길다. 따라서 만약 RFID 리더 성능이 3m에서 판독이 가능하다고 가정하면 실제로는  $\Delta x$ 가 3m 이하일 때 판독이 가능하다. 또한, 리더와 차량부착 RFID 태그의 거리 외에도 리더의 높이, 각도, 차량부착 RFID 태그의 위치에 따라서 인식거리가 변화한다.

#### 2. 안테나 높이와 각도에 따른 인식률 실험

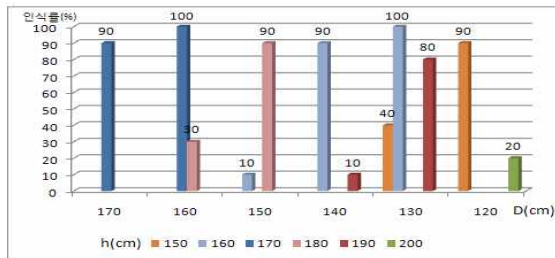
태그를 부착한 차량이 톨게이트로 진입하게 되면 리더는 빠르고 정확하게 태그를 인식하여 결제 프로세스를 진행하여야 한다. 리더가 태그를 정확하고 빠르게 인식하기 위해서는 가장 높은 인식률을 보이는 위치와 각도를 고려하여 설치되어야 한다. 이러한 점을 고려하여 위치와 각도를 달리하여 태그 인식률을 측정하였다. 그림 4는 차량과 RFID리더의 위치를 나타낸 것이다.

그림 4에서의 각 기호의 의미는 다음과 같다.



▶▶ 그림 4. 차량과 RFID 리더의 위치

실험에서는 차량의 전면 유리창 우측 하단(운전석)을 기준으로 가로 10cm 세로 15cm가 떨어진 위치를 기준으로 태그를 부착하고 RFID 리더의 높이를 10cm 씩 변화시키면서 실험하였다. 그림 5는 RFID 리더의 높이와 차량에 부착된 태그 간의 인식률을 보인 것이다.

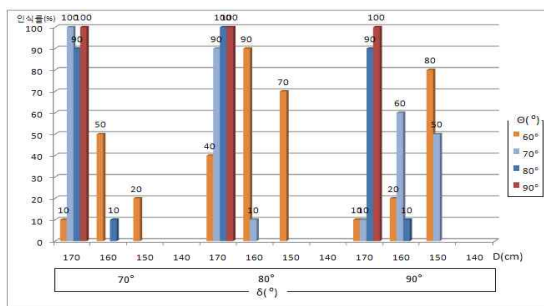


▶▶ 그림 5. RFID 리더의 높이에 따른 인식률

실험에서는 지표면과 리더의 안테나 사이의 각도를 80° 로 고정하였고, 안테나의 위치가 차량의 우측에 있음을 고려하여 차량 진행방향과 리더의 안테나 사이의 각도를 80° 로 고정하였다. 실험 결과는 그림 5에서 보인 것과 같이 높이(h)가 170cm일 때 가장 먼 거리에서 인식하였음을 보였다.

다음으로 지표면과 RFID 리더의 안테나 면이 이루는 각도( $\delta$ )와 차량 진행방향과 RFID 리더의 안테나 면이 이루는 각도( $\theta$ )를 변화시켜 최적의 안테나 설치 각도를 구하였다. 이를 위해 RFID 리더의 높이는 170cm로 고정시키고 각각의 각도 변화에서 태그를 최초로 인식하는 차량과 RFID 리더 사이의 거리(D)를 측정하였다. 측정 결과는 그림 6에서 보였다.

그림 6의 측정결과는 지표면과 RFID 리더의 안테나 면과 수직을 이루는 면간의 각도( $\delta$ )가 80° 이고, 차량 진행 방향과 안테나 면과의 각도( $\theta$ )가 90° 일 경우 170cm의 거리에서도 모든 태그를 인식할 수 있었다.



▶▶ 그림 6. RFID 리더의 안테나면 각도에 따른 인식률

### 3. RFID 태그 부착위치에 따른 인식률 실험

RFID 태그를 차량 내에 부착하여 운행하므로 운전이 방해가 되지 않는 위치와 인식률을 고려하여야 한다. 앞 절에서 리더의 위치가 결정되었기 때문에 이를 적용하여 태그의 위치를 변화시키며 실험하였다. 태그의 위치는 차량의 운전석 쪽 전면 유리창의 하단을 기준으로 상하(H)와 좌우(W)로 위치를 변경시키면서 실험하였다. 또

한 전체 횡수 대비 성공 횡수를 이용하여 인식률이 80% 이상인 경우를 인식거리로 판단하였다.

표 1은 차량의 태그 부착 위치에 따른 인식거리를 보인 것이다. 실험은 차량의 RFID 태그의 부착 위치를 상하좌우로 각각 5cm씩 이동시키며 RFID 신호 인식거리를 측정하였다.

표 1에서 보인 것과 같이 측정 결과는 태그 부착 위치가 가로(W) 5cm, 세로(H) 5cm에서 RFID 신호 인식거리가 50cm로 가장 좋지 않게 나타났고, 차량 태그 부착 위치가 가로(W) 10cm, 세로(H) 15cm에서 RFID 신호 인식거리가 170cm로 가장 좋게 나타났다.

표 1. 태그 부착 위치에 따른 인식거리

(단위 : cm)

H'(cm) \ W(cm)	5	10	15
5	50	*	*
10	*	120	140
15	*	170	150
20	*	120	84

[\* : 인식률 저조 구역]

### III. 결론

본 논문에서는 실험을 통하여 RFID를 이용한 고속도로 자동 요금 징수 시스템에서 차량 유리창에 RFID 태그를 부착한 차량이 톨게이트에 진입하는 과정에서 RFID를 가능한 먼 거리에서 인식할 수 있으며, 인식률을 가장 높일 수 있는 RFID 태그의 부착위치와 RFID 리더의 설치위치를 제시하였다.

실험 결과 RFID 태그는 차량 전면에서 보았을 때 전면 유리창 우측 하단을 기준으로 가로(W) 10cm, 세로(L) 15cm가 떨어지도록 위치하여 거치하는 것이 인식률이 가장 높았다. 또한, RFID 리더의 높이를 지표면으로부터 170cm에 위치하는 것이 인식률이 가장 높았다. 또한, 리더는 태그를 정면으로 바라볼 때 가장 인식이 잘 되므로 차량 진행방향과의 각도를 90° 로 고정하고, 지표면과의 각도를 70° ~ 80° 정도로 고정하는 것이 효율이 더 좋았다.

### ■ 참고 문헌 ■

- [1] RFID Journal 홈페이지  
http://www.rfidjournal.com/
- [2] RFID 기획 및 관리자 과정, 한국전자거래협회, 2006, 11
- [3] 장경열 외 4명, “항만컨테이너터미널 게이트 입/출입 관리에서의 RFID 적용에 관한 실증 연구”, 산업공학, vol.20 no.1, 2007.
- [4] 최형림 외 5명, “RFID 기반의 자동화 게이트시스템 개발”, 해양 정책 연구, 21권, 1호, 2006.
- [5] 김규정, “RFID를 이용한 출입 통제 시스템 구축”, 한국콘텐츠학회논문집, 2007.