

RFID를 이용한 ETCS 인식률에 관한 연구

장성원* 박병호*, 박찬홍*, 성현경*
*상지대학교 컴퓨터정보공학과
e-mail:bestpolarbear@nate.com

A Study on The recognition rate of Electronic Toll Collecting System for Using RFID

Seong-Won Jang*, Byeong-Ho Park*, Chan-Hong Park*,
Hyeon-Kyeong Sung*

*Dept of Computer Information and Communication Engineering,
Sangji University

요 약

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. 연구결과 RFID 리더의 높이는 170cm일 때 지표면과의 각도 80°와 차량 진행 방향과 RFID 리더의 안테나 면과의 각도 90°일 때 최적의 RFID 리더 설치 위치를 나타냈고, 태그의 위치는 차량 전면 유리 운전석 쪽 아래 모서리에서부터 가로 10cm와 세로 10cm에서 가장 좋게 나타났다. 차량과 RFID 리더간의 거리에 따른 차량의 속도별에 의한 인식률은 차량과 RFID 리더간의 수평 거리가 25cm 이하일 때 30km/h에서 80km/h까지 모든 경우에 100%의 인식률을 보임으로써 빠른 속도로 톨게이트를 통과하여도 충분히 인식할 수 있을 것으로 나타났다.

1. 서론

USN이란 향후 국가 경쟁력을 좌우할 유망한 차세대 성장 동력이자 사회전반의 일대 혁신을 가져올 수 있는 중요한 미래 기술이다. 또한 USN의 특성 상 공공 부문 및 민간 부문의 IT산업은 물론 비 IT산업 전반에 가장 큰 영향을 미칠 수 있는 중요한 산업이며, 무한한 성장 잠재력을 내포하고 있어 향후 산업 전반에 커다란 변혁을 가져올 수 있는 분야로 대두되고 있다. USN의 적용 분야는 국방, 제조, 건설, 교통, 의료, 환경, 교육, 물류, 유통, 농/축산업 등에 걸쳐 다양하다[1-3]. 이러한 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.

ETCS(Electronic Toll Collecting System)는 고속도로 진·출입 시 톨게이트(tollgate)에서 정차하여 티켓을 발급 받고 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 지·정체 현상을 대폭 완화시킬 수 있다.

본 논문에서는 능동형 태그보다 수신 성능은 떨어지지만 가격이 저렴한 수동형 태그를 이용한 ETCS의 개발을 위해 900MHz대역의 RFID를 이용한 테스트를 진행하고 결과를 분석한다. 본 연구의 결과는 ETCS뿐만 아니라 차량에 이용할 수 있는 여러 가지 결제 시스템 및 식별 시

템에서 사용이 가능할 것으로 보인다. 예를 들어 주유소나 주차장과 같이 차량을 이용하는 장소에서의 자동결제 시스템에 사용될 수 있다. 또, 차량의 정비 관련 정보들을 관리할 수 있는 등 차량의 출입관리, 고객관리 서비스 등과 같이 차량의 자동인식(auto-identification)이 필요한 환경에 적용할 수 있다.

2. RFID를 이용한 고속도로 자동 요금 징수 시스템

자동 요금 징수 시스템(ETCS)이란 유료도로 또는 고속도로에서 고속주행 상태에서 통행료를 자동적으로 지불할 수 있게 하여 원활한 교통흐름을 도모하고, 도로 이용효율의 극대화를 통하여 국가 경쟁력을 높일 수 있는 국가 인프라 성격의 교통제어 시스템을 말한다. 이 서비스를 통하여 자동요금징수를 무인화 할 수 있고, 차종분류와 할인 및 할증 그리고 불법통과차량 자동단속, 더 나아가 운영비 절감이라는 여러 가지 장점을 가져올 수 있다.

그림 1은 RFID를 이용한 ETCS이다. 현재 국내의 하이패스는 하이패스 전용차로를 사용하여 1개에서 2개 정도의 일부 차로만을 사용한다. 그러므로 본 논문에서 구성한 ETCS도 그림 1과 같이 일부 차로만을 사용하도록 구성하였다. 차량이 진입하면 안테나/노변장치가 차량에 부착된 태그를 인식하고 차량분류기가 차종을 분류한다. 태그로부터 수신된 정보가 차로제어기를 통하여 정산센터로 전송되며 결제처리 과정을 거친 후 결과를 다시 차로제어기로 전송한다. 결제가 진행되지 않았을 때 위반용 카메라

가 차량을 촬영한다.

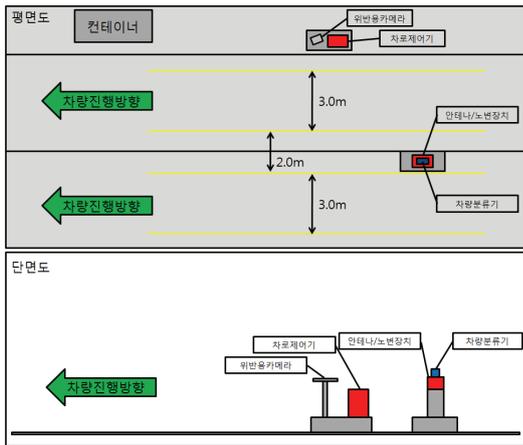


그림 1. RFID를 사용하는 ETCS 구성도
Fig 1. Structure of ETCS using RFID

본 논문에서 개발한 RFID를 이용한 자동요금징수시스템은 그림 2와 같은 처리과정으로 작동한다. 그림 2에서 보인 것 과 같이 태그정보를 수신하게 되면 데이터베이스와 연동하여 결제정보를 확인한다. 확인한 결제정보를 토대로 결제 가능 여부를 확인하여 결제가 불가능한 경우 정보음과 함께 차량 통과를 차단하고, 결제가 가능한 경우에 한하여 결제프로세스를 진행한다. 결제프로세스가 종료되면 그 결과로 데이터베이스를 갱신한다. 이로써 결제가 성공적으로 이루어 졌다면 결제결과를 사용자에게 디스플레이하여주고 차량을 통과 시킨다.

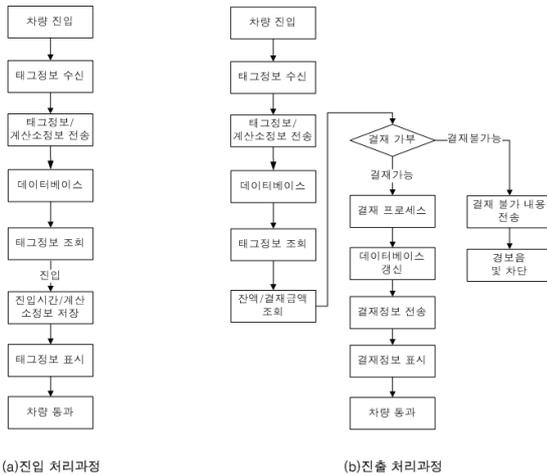


그림 2. 시스템 진행 순서도
Fig 2. System process flowchart

3. RFID를 이용한 자동 요금 징수 시스템 실험

본 실험에서는 900MHz 대역의 모바일 RFID 리더로 (주)인트정보시스템의 RFID용 무선설비 INT-900H를 사용하였고, 태그로는 수동형 태그인 EPC Gen2 태그를 사용하였다. 표 1은 INT-900H의 제품사양을 보였다. 리더는

모바일기기로 PDA기능이 내장되어있으며 Window CE .NET 4.2를 운영체제로 사용하며 UHF 910MHz에서 914MHz의 동작주파수를 갖는다.

표 1. INT-900H 제품사양
Table 1. INT-900H product specifications

항 목	설 명
운영체제(OS)	Window CE .NET 4.2
동작주파수	UHF 910~914MHz
주파수방식	Frequency Hopping
RF 출력	1 Watt(+30dBm), with 10. dB digital range
Read Range	Typical 3.5 meters (태그 dependent)
Write Range	40% of Read range
동작전원	7 Vdc
프로토콜	EPC C0/C1, ISO18000-6B, Gen2
통신방식	RS-232C, CDMA, WLAN 802.11b
동작온도	-20℃ to +50℃
습도	0-95%, Non-condensing
크기	210 × 85 × 80 (mm)

또한 사용 프로토콜에는 실험에 사용한 Gen2 뿐만 아니라 EPC C0/C1, ISO 18000-6B의 프로토콜도 지원한다. 통신방식은 RS-232C 시리얼 통신뿐만 아니라 CDMA, WLAN 802.11b와 같은 무선통신을 지원한다.

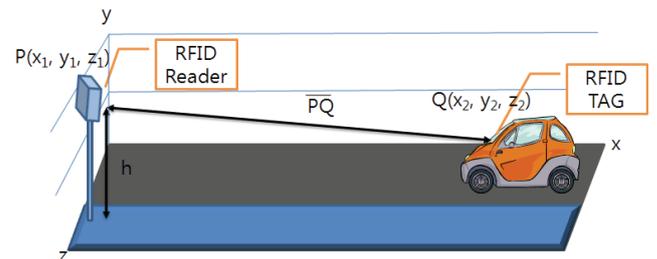


그림 3. RFID 리더와 RFID 태그의 상대적 위치
Fig 3. The relative position of RFID reader and RFID tag

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 x축의 길이가 3m 이하일 때 판독이 가능하다. 또한, 리더와 차량부착 RFID 태그의 거리 외에도 리더의 높이, 각도, 차량부착 RFID 태그의 위치에 따라서 인식거리가 변화한다.

1) 안테나 높이와 각도에 따른 인식률 실험

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.

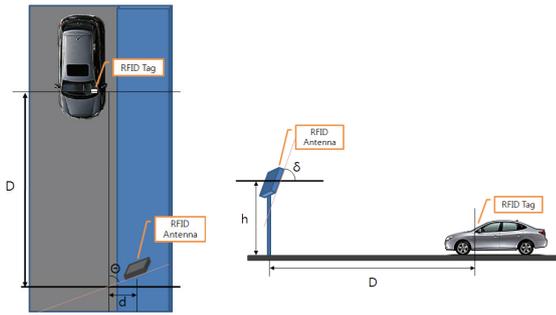


그림 4. 차량과 RFID 리더의 위치

Fig 4. The location of the vehicle and the RFID reader

그림 4에서의 각 기호의 의미는 다음과 같다.

- h : 지표면에서 RFID 리더까지의 위치
- δ : RFID 리더와 지표면의 수직면간의 각도
- θ : 차량 진행 방향과 리더의 안테나 면이 이루는 각도
- D : 차량이 RFID 리더를 향해 다가올 때 태그를 처음 판독하는 거리
- d : 차량용 RFID 태그에서 RFID 리더까지의 수평거리

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. 태그를 부착한 차량이 진입할 경우 RFID 리더가 태그를 처음으로 인식하는 차량의 위치가 몇 cm인지를 측정하고, 각각 위치별로 30회씩 실험하여 전체 실험횟수 대비 인식한 횟수를 이용하여 인식률을 계산하였다.

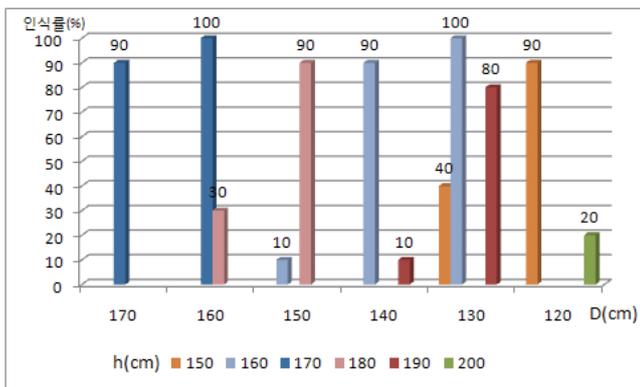


그림 5. RFID 리더의 높이에 따른 인식률

Fig 5. The recognition rate by RFID reader height

그림 5은 RFID 리더의 높이와 차량에 부착된 태그 간의 인식률을 보인 것이다. 실험에서는 지표면과 리더의 안테나 사이의 각도를 80°로 고정하였고, 안테나의 위치가 차량의 우측에 있음을 고려하여 차량 진행방향과 리더의 안테

나 사이의 각도를 80°로 고정하였다. 실험 결과는 그림 5에서 보인 것과 같이 높이(h)가 170cm일 때 가장 먼 거리에서 인식하였음을 보였다. 그림 5에서 X축은 인식거리(D)를 나타내고 Y축은 인식률(%)을 나타내며, 범례는 높이(h)를 나타낸다.

지표면과 RFID 리더의 안테나 면이 이루는 각도(δ)와 차량 진행방향과 RFID 리더의 안테나 면이 이루는 각도(θ)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.

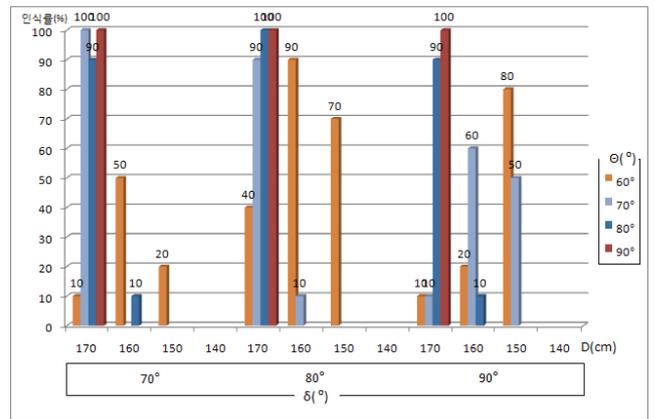


그림 6. RFID 리더의 안테나면 각도에 따른 인식률

Fig 6. The recognition rate by antenna angle of RFID reader

그림 6의 측정결과는 지표면과 RFID 리더의 안테나 면과 수직을 이루는 면간의 각도(δ)가 80°이고, 차량 진행방향과 안테나 면과의 각도(θ)가 90°일 경우 170cm의 거리에서도 모든 태그를 인식할 수 있었다. 따라서 RFID 리더 안테나는 차량 주행 방향과 수직으로 설치해야 보다 높은 인식률을 확보할 수 있음을 의미한다. X축은 RFID 리더의 안테나 면 각도에 따른 진행차량과 RFID 리더간의 거리이며, Y축은 인식률이다.

2) RFID 태그 부착위치에 따른 인식률 실험

RFID 태그를 차량 내에 부착하여 운행하므로 운전예 방해가 되지 않는 위치와 인식률을 고려하여야 한다. 앞 절에서 리더의 위치가 결정되었기 때문에 이를 적용하여 태그의 위치를 변화시키며 실험하였다. 그림 7은 실제 차량에 RFID 태그를 부착한 모습이다.

태그의 위치는 리더와 근접하고 운전자의 편의성을 고려하여 차량의 운전석 쪽 전면 유리창의 하단을 기준으로 상하(H')와 좌우(W)로 위치를 변경시키면서 실험하였다. 또한 각 위치별로 각각 30회씩 실험하였으며 전체 횟수 대비 성공 횟수를 이용하여 인식률이 80%이상인 경우를 인식거리로 판단하였다.



그림 7. 차량에 부착된 RFID 태그위치
Fig 7. The position of RFID tag attached vehicle

그림 8은 차량의 태그 부착 위치에 따른 인식거리를 보인 것이다. 태그의 부착 위치는 차량의 전면 하단과 우측 유리창(운전석)를 기준으로 각각 H'(cm)와 W(cm)로 나타내었고 인식거리는 cm로 나타내었다. 그림 8에서 보인 것과 같이 측정 결과는 태그 부착위치가 가로(W) 5cm, 세로(H') 5cm에서 RFID 신호 인식거리가 50cm로 가장 좋지 않게 나타났고, 차량 태그 부착위치가 가로(W) 10cm, 세로(H') 15cm에서 RFID 신호 인식거리가 170cm로 가장 좋게 나타났다.

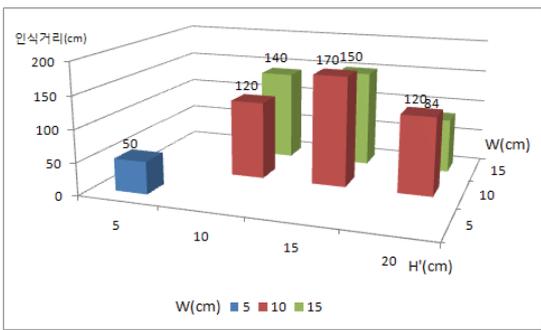
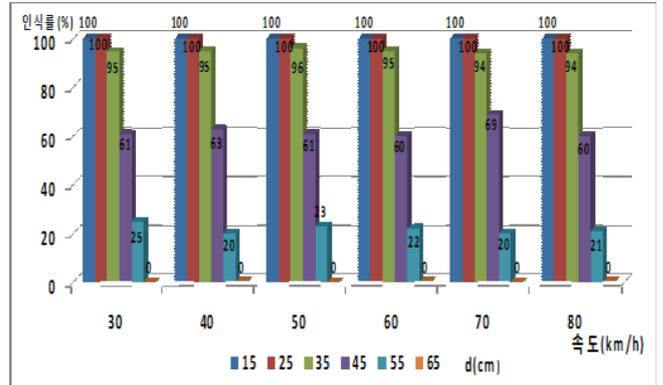


그림 8. 태그 부착 위치에 따른 인식거리
Fig 8. The recognition distance by location of RFID tag attached vehicle

3) 차량의 속도에 따른 인식률 실험

앞 절에서 실험한 결과를 이용하여 RFID 리더와 태그를 설치하고 차량의 속도를 10km/h 씩 증가시키면서 실험하여 인식률을 계산하였다. 그리고 차량용 RFID 태그에서 RFID 리더까지의 수평거리(d)를 차량 진행속도에 따라 각각 10cm씩 변화시키며 실험하였다. 실험에서는 각각 속도와 d를 변화 시킬 때마다 30회씩 실험하였으며 전체횟수 대비 성공 횟수를 이용하여 인식률을 계산하였다. 그림 9는 속도별 태그와 차량 간의 거리(d)에 따른 태그의 인식률을 보여주고 있다. 실험 결과 태그와 차량 간의 거리(d)가 25cm일 때까지는 30km/h에서 80km/h까지 모두 100%의 인식률을 보여주었다. 그리고 태그와 리더간의 거리(d)가 45cm 이상으로 멀어지면 인식률이 60%정도로 떨어지게 되는 것으로 나타났다. 태그와 차량 간의 거리(d)가 35cm일 때는 90%이상 인식함을 보였으므로 적어도 차

량에 부착한 태그와 차량 간의 거리는 35cm 미만을 유지하여야 한다.



4. 결론

본 논문에서는 RFID를 이용한 고속도로 자동 요금 징수 시스템에서 차량 유리에 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 제시하였고, 차량의 속도에 따른 인식률을 계산하여 톨게이트 통과시의 차량의 제한 속도에 대해서 제시하였다.

실험 결과 RFID 태그는 차량 전면에서 보았을 때에 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 좋다.

차량의 통과 속도는 위 실험결과를 적용하여 측정된 결과 차량에 부착한 태그와 차량 간의 거리가 25cm일 때 시속 80km에서도 100%의 인식률을 나타냈고 차량에 부착한 태그와 차량 간의 거리가 35cm일 때도 90%이상의 인식률을 보였기 때문에 고속도로 톨게이트 통과 시 리더와 차량 간의 거리를 35cm 미만으로 유지시킬 수 있다면 시속 80km 이하의 빠른 통과 속도를 보장할 것으로 보인다.

참고문헌

[1] RFID Journal 홈페이지 <http://www.rfidjournal.com/>
 [2] RFID산업 활성화 지원센터 홈페이지 <http://www.rfid.or.kr/>
 [3] 한국 RFID/USN협회 홈페이지 <http://www.karus.or.kr/>