

RF-ID 시스템을 이용한 지하철 무개찰 시스템에 대한 연구

김현*, 류형선, 진인수, 김양모
충남대학교 전기공학과

A Study On Gateless Fare Collection System in the Subway Using RF-ID System

Hyun Kim*, Hyoung-Sun Ryu, In-Su Jin, Yang-Mo Kim
Dept. of Electrical Engineering, Chungnam National University

Abstract - RF-ID system is being used in such diverse applications as access control, highway toll collection, personnel identification, and subway system. Especially for subway system that typically see high volumes of passenger at specific times of the days, it's critical to find a way to collect fares without unnecessarily delaying passengers.

In the study, we discuss the possibility of removing all ticket gate machines in stations. This paper presents the discrimination method of card group for subway station without enter and exit gates using RF-ID system

1. 서 론

최근에 RF-ID 시스템을 이용한 연구가 활발하게 진행되고 있으며 그 응용분야도 광범위하게 사용되고 있다. 주변에서 실용화되어 사용되고 있는 주차장 서비스와 지하철 설비의 요금 징수 시스템에 적용하고 있는 경우가 대표적인 예이다. 또한, 가축이나 멸종위기 동물 보호에도 이 시스템이 사용되어 접촉형의 한계를 벗어나 이동체에 적용하게 되었다. RF-ID 시스템은 일정한 주파수 대역을 이용해 무선팡식으로 각종 데이터를 주고 받을 수 있는 시스템을 말한다. 기존에 자기카드나 바-코드 등으로 인식하던 시스템은 시간이 경과할수록 그 표식 부분이 마찰과 오염 등으로 그 인식률이 떨어지는 반면에 RF-ID는 비접촉식이므로 그 수명이 반영구적이라고 말할 수 있다. RF-ID 시스템의 또 다른 장점은 카드 쪽의 데이터를 다시 수정 할 수 있다는 점이다. 현재 지하철 요금 징수 시스템에 사용되고 있는 설비는 승차권을 구입하여 게이트를 통과하면서 개찰을 하는 시스템으로 구성되어 있거나 부분적으로 RF-ID를 이용한 게이트 시스템을 사용하고 있다[1,2]. 두 방식 모두 게이트를 거치지 않고는 요금 징수를 할 수 없으므로 승객이 많을 때에는 다소 대기 시간이 길어지고 승차권을 꺼내야 하는 불편함이 존재하고 있다. 현재 사용하고 있는 RF-ID 시스템은 카드의 인식거리가 10cm 내외로 짧기 때문에 거리의 제한을 가지고 있는 시스템이라서 정확한 지점에 카드를 인식시켜야 하는 불편함이 있다.

따라서, 본 논문에서는 출, 퇴근시간 등에 빈번하게 발생하고 있는 개찰시의 대기 시간을 줄이고 승객이 개찰을 위해서 승차권을 꺼내야 하는 불편함을 없애기 위한 방법을 제안하였으며 승객의 카드의 소지여부 판단과 2개 이상의 카드를 소지한 경우의 판별을 위한 방법을 제안하고자 한다.

2. 본 론

2.1 RF-ID 시스템의 기본 원리

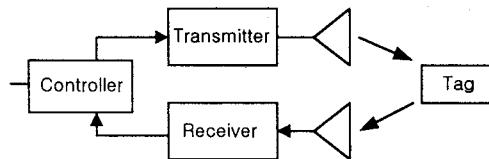


그림1. RF-ID 시스템의 기본 구성도

그림1에서 Tag의 앞 부분은 Reader라고 총칭하여 부르는데 Tag에 해당하는 카드의 정보를 읽고 Power를 공급하는 기능을 한다. 이때 Tag로 사용되는 카드에 battery가 내장된 것을 Active type RF-ID, battery가 없이 reader 쪽에서 에너지를 받아서 구동하는 것을 Passive type RF-ID 라 한다[3].

2.1.1 리더(Reader)의 구성

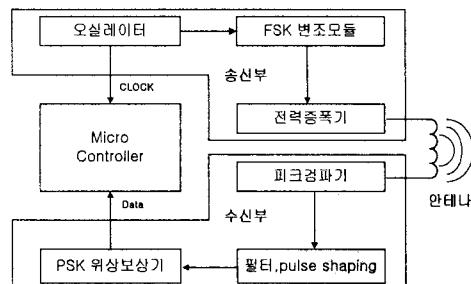


그림2. Reader의 구성도

리더의 역할은 에너지원을 만들어 주어서 Tag에 전력을 공급하며 tag의 데이터를 받아들여서 통신을 실행하게 된다. 그림2에서 보듯이 리더는 송신부, 수신부, 안테나, 마이크로 콘트롤러로 구분할 수 있다.

2.1.2 태그 (Tag)의 구조

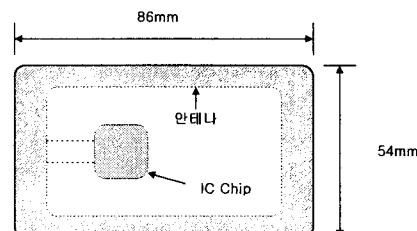


그림3. Tag의 내부 구조

그림3은 태그의 일반적인 내부 구조를 도시한 것으로 이것은 경로가 추적되어지는 물체에 부착하여 그 물체에 관련된 자료를 가지고 다니는 역할을 한다. 태그는 에너지원 유무에 따라 능동(Active)형과 수동(Passive)형으로 분류하는데 수동형 태그는 IC Chip에 내장되어 있는 자료를 전송하기 위해 필요한 에너지원을 리더에서 보내주는 라디오 신호에서 취득하고, 능동형 태그는 자체내에 내장되어 있는 에너지원에서 Power를 얻는다. 또한, 자료 메모리 형식에 따라 읽기만 가능한 형식과 읽고 쓰기가 가능한 두 종류의 형식이 있다. 본 논문에서는 수동형과 읽고 쓰기가 가능한 형식의 태그를 이용하여 살펴보았다.

2.2 무개찰 시스템의 설계

현재 지하철에서 사용하고 있는 요금 징수 시스템은 게이트를 설치하여 사람의 출입을 통제하고 있는 구조로 되어 있다. 이런 시스템은 사람이 왕래가 적은 시간에는 큰 불편없이 사용 가능할지 모르지만, 출, 퇴근 시간대처럼 특정한 시간대에는 게이트 부근이 상당히 혼잡하다. 역에 따라 다르지만, 현재 RF-ID용 게이트 시스템과 승차권 투입식 게이트 시스템을 동시에 사용하고 있는 역에서도 같은 현상이 발생되고 있다. 요금을 지불하기 위해서 표를 사고 게이트를 통과하기 위해서 표를 손에 쥐고 순서를 기다려야 한다. 이러한 불편을 해소하고자 구상하게 되었다.

2.2.1 무개찰 시스템의 구조 설계

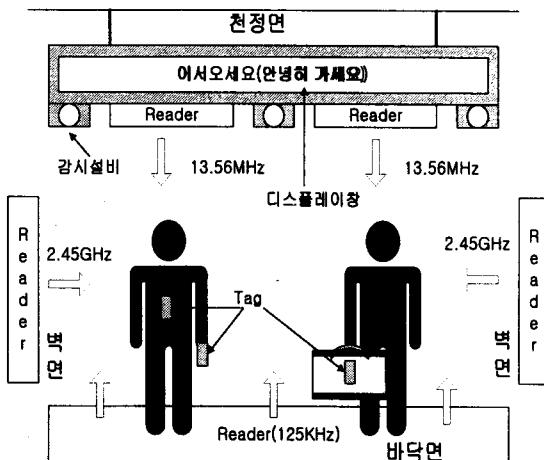
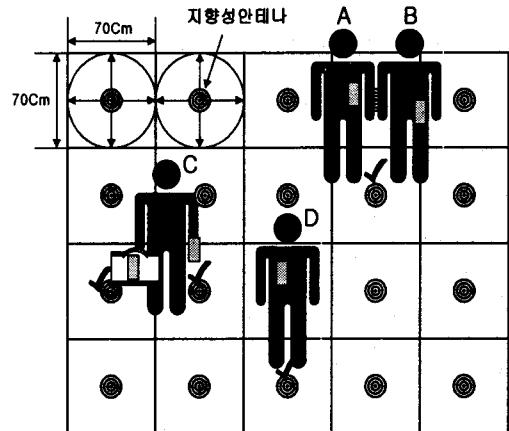


그림4. 무개찰 시스템 구성도

기존의 게이트 시스템을 제거하고 승차권으로 사용되는 카드를 주머니 속이나 가방안에 넣고 통로를 지나가는 것만으로도 자동으로 요금이 계산되는 시스템으로 승객은 승차권을 꺼내거나 줄을 서지 않아도 되는 시스템이다. 본 논문에서 사용된 주파수는 125KHz와 13.56MHz 그리고, 2.45GHz를 사용하여 거리의 한계성을 극복하고 전파의 투과성 문제를 보완하고자 적용하였다. 주파수가 높아질수록 태그와의 통신거리는 길어지지만 투과성이 떨어지므로 물체에 가려져 있는 경우는 인식이 어려운 경우가 발생하게 된다. 감시설비로 카메라를 사용하면 통행 상황을 모니터링 할 수 있으며 부정승객을 찾아낼 수 있다. 각각의 Reader 중에서 가장 먼저 반응을 보인 이후에는 또 다른 Reader에 의해 다시 데이터를 취득하지 않도록 하는 프로그램이 요구된다. 그리고, 2개 이상의 카드를 소지 시 이곳을 통과하기 전에 하나의 카드만을 선택하여 요금을 징수하도록 하였다.

다.

2.2.2 카드의 소지여부 판단 및 분류



✓ 현재 동작중인 안테나 표시

그림5. 승객의 카드 분류 시스템

카드를 소지한 승객이 무개찰 시스템에 들어가기 전에 그림5와 같은 지역을 통과하게 하여 사전에 카드의 소지유무와 2개 이상의 카드를 소지한 사람의 카드 중 하나만을 선택해서 요금을 징수하도록 하였다. 그림의 지향성 안테나는 가로, 세로 각각 70cm의 범위내에 있는 카드만을 인식한다. A, B, C, D처럼 사각형 zone안에 사람이 존재 할 경우 가장 가까운 지향성 안테나에서 카드를 체크한다. 그런데, A와 B의 경우에는 두 사람의 카드를 하나의 안테나에서 체크하게 되며 C의 경우에는 한 사람이 소지한 두 개의 카드가 체크되게 된다. 여기에서 A, B의 카드 집단과 C의 카드 집단을 구분할 필요성이 있다. A와 B의 경우에는 하나의 작은 zone안에 두 사람이 존재하므로 한 사람이 소지하고 있는 카드로 오인할 수 있으므로 구분할 필요성이 있다. 마찬가지로 C의 경우에도 카드를 2개 이상 소지한 사람이 zone과 zone 사이에 걸쳐서 있을 경우에는 다른 사람이 소지하고 있는 카드로 오인할 수 있으므로 하나의 카드 집단으로 묶을 필요성이 제기된다. 이런 문제를 해결하기 위해서는 승객의 움직임을 관찰해서 카드의 이동을 살펴보아야 한다. 서로 이웃하고 있는 zone 사이에 있는 카드와 같은 zone 안에 있는 카드들은 같은 카드 집단 즉, 같은 사람이 소지하고 있는 카드일 가능성이 높기 때문에 처음에는 이 카드를 하나의 카드 집단으로 생각한다. 이것을 아래의 그림과 같이 도시하였다. 짙은 선 안에 카드가 존재할 때 하나의 카드집단으로 판단하고 시작한다.

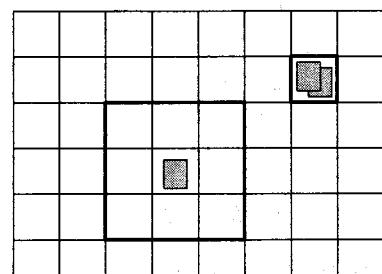


그림6. 카드 분류 시스템내의 카드집단

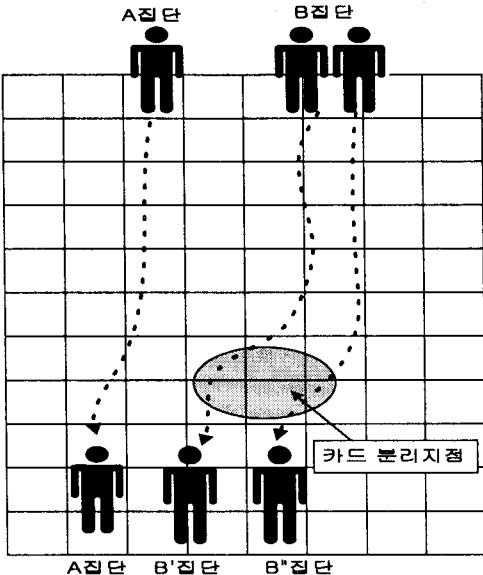


그림7. 카드의 이동에 따른 분리 기법

그림7에 나타낸 A 집단과 B 집단이 앞에서 제안한 무개찰 시스템에 들어가기 전에 그림과 같은 카드 분류 구역을 거치게 되면 어느 일정한 시점에서 분류 지점을 찾아 카드를 분류할 수 있다는 것을 보인 것이다. 서로 이웃하고 있는 zone에서는 서로 같은 카드 집단으로 본다고 언급했듯이 위의 승객들이 움직임을 추적하다가 원으로 표시한 지점처럼 zone이 서로 이웃하지 않고 지나가는 구역이 생기면 그 지점을 체크해서 분리를 할 수 있다[4]. 이 그림에서 점선으로 표시한 선은 카드가 일정 시간동안 움직이는 것을 표시한 것으로 사람이 걷는 속도가 1m/s 정도이기 때문에 카드 분류 구역의 길이를 10m로 하였을 때 0.2초 단위로 측정하면 약 50회 정도의 카드 흐름을 분석할 수 있다. A 집단의 카드는 t초후에도 변함없는 집단을 구성하고 있지만, B의 집단은 B'집단과 B''집단으로 분리가 된 것을 볼 수 있다.

3. 사례연구

서울의 지하철역 한 곳을 중심으로 승차권을 구입하고 게이트를 통과하는 시점까지 걸리는 시간을 분석해 보았다. 비교적 복잡한 최근 시간대와 한산한 시간대에 이용하는 승객과 승차권 투입용 게이트 이용자와 RF-ID용 게이트 이용자들을 각각 10명씩 무작위로 추출하여 줄을 서서 개찰을 완료하는 시간을 분석해 보았다. 이들의 통과 시간의 평균을 표1에 나타냈다.

표1. 게이트 통과 시간

게이트 종류 이용시점	승차권투입용	RF-ID용
Rush hour (오후 6시 30분)	6.3 sec	1.1 sec
이용객이 적을 때 (오후 10시)	10.6 sec	2.4 sec

(잠실 옆 몽촌토성 역에서 측정)

임의의 지역과 평균적인 시간을 나타낸 것으로 다소 변동의 가능성이 있지만 위와 같이 시간이 소요되었다.

이용객이 적을 때가 더 많은 시간이 소요된 것이 특이할 만한 상황이지만 이는 승객이 적으므로 심리적으로 여유가 있어서 행동이 다소 느려졌기 때문으로 분석된다. 어떤 경우이든 개찰시 걸리는 시간이 표1과 같이 걸리지만 무개찰 시스템을 이용하면 거의 Zero로 가까운 시간이 소요된다고 본 연구에서 분석되었다.

4. 결 론

본 논문에서 무개찰 시스템으로 게이트를 제거한 시스템으로 지하철을 이용하는 방법을 제안하였다. 이러한 시스템의 사용으로 승객의 편리성과 게이트 앞에서의 대기시간을 제거함으로써 혼잡한 시간대에도 정체 시간 없이 빠르게 이용할 수 있으므로 그 기대 효과가 큰 것으로 판단된다.

앞으로의 연구과제는 카드를 소지 않고 통과하는 승객에 대한 억제 방법에 대해서 더 보안하고 개인 정보 보호에 대한 연구가 필요하다고 사료된다.

(참 고 문 헌)

- [1] 진인수, 양경록, 류형선, 김현, 홍일희, 김양모, "125KHz RFID 시스템의 회로 설계 및 분석", 대한전기학회 학제학술대회 논문집D권, pp.3133-3135, 2000.7
- [2] 양경록, 진인수, 류형선, 김양모, "Design Of RF Passive Smart Card for the Subway Ticket", ITC-CSCC 2000, Proceedings Vol.2, pp.583-586, 2000
- [3] Peter H.Cole, David M.Hall, Michael Y.Loukine and Clayton D.Werner, "Fundamental Constraints On RFID Tagging System", Proceedings of The Annual Wireless Symp, pp.294-303, 1995
- [4] Masahiko Naito, Ryo Takagi, Satoru Sone, "Possibility of Gateless Utility System for Railway Using Contactless IC Cards", 交通システム工學(JR東海)寄付講座 年報, pp.263-272, 1997.4