

지하철 무개찰 시스템에 관한 연구

김현*, 양경록, 오세호, 김양모
충남대학교 전기공학과

A Study On Gateless Fare Collection System in the Subway

Hyun Kim*, Kyeong-Rok Yang, Se-Ho Oh, Yang-Mo Kim
Dept. of Electrical Engineering, Chungnam National University

Abstract - In this paper, RF-ID system is used in gateless fare collection for the subway system. This enables passengers to go in and out of stations without any actions specifically for fare collection, such as carrying out from the purse at the gate, throwing tickets into gate machines or moving RF-ID cards near to the card readers. Card check zone system might extract fare from two or more cards that one person carries.

1. 서 론

과학의 발전과 더불어 인류의 생활도 눈부신 발전을 거듭해 왔다. 하지만 환경적인 부작용이 발생하게 되자 이러한 문제를 해결하고자 전기자동차와 전기철도 등 새로운 교통 시스템이 등장하게 되었다. 환경 친화적인 교통 수단으로써 전기 철도의 도입은 철도를 이용하는 승객의 증가를 가져왔고, 이에 따라서 지금의 개찰 시스템의 구조적인 변화가 요구되고 있다. 현존하고 있는 개찰시스템은 승객이 승차권을 구입해서 Gate을 통과하거나 비접촉형 RF-ID 카드를 소지하고 RF-ID용 Gate를 통과하여 요금을 지불하는 구조로 구성되어 있다. 현재 여러 용도로 쓰이고 있는 RF-ID 시스템은 일정한 주파수 대역을 이용해 무선방식으로 각종 데이터를 주고받을 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. 승객이 붐비지 않는 시간대에서는 이러한 시스템이 크게 불편하지 않을 수 있으나 승객이 많이 붐비는 출, 퇴근시간대와 승객이 갑자기 몰리는 경우가 발생하면 지하철의 대표소와 개찰 설비 앞은 무척 혼잡하게 된다. 승객이 열차를 타기 위해서 거쳐야 하는 Gate는 승객의 흐름에 방해가 되는 주요한 요인이 된다. 또한, 승차권을 Gate에 인식시키기 위해서는 승객이 승차권을 손에 소지하고 있어야 하므로 짐이 많은 사람들과 장애인들에게는 불편을 준다. 이러한 불편을 제거하고 승객의 흐름을 원활하게 해서 전체적으로 열차의 운행시간을 단축시키는 효과를 가져올 수 있게 된다.[1]

본 논문에서는 기존의 개찰 시스템을 보다 효율적인 시스템을 구성하고자 무개찰 시스템을 적용하였다. 승객이 Gate를 통과하지 않고서도 요금을 징수할 수 있도록 RF-ID 카드만을 소지한 체 지하철을 이용하는 방법을 사용하였다. 또한 카드의 인식을 확실하게 하고 인식 거리의 한계를 극복하기 위해서 두 가지 통신 주파수를 적용하였으며, 다수의 카드를 소지한 승객의 운임을 징수할 때의 과징수 등의 부작용을 제거하고자 카드 분별법을 제시하여 이 시스템의 유용성을 입증하고자 한다.

2. RF-ID 시스템의 설계

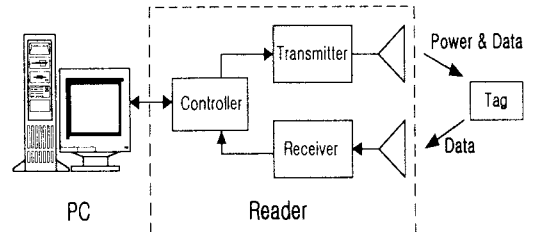


그림1. RF-ID 시스템의 기본 구성도

RF-ID System은 Tag와 Reader 그리고 Host Computer로 구성되어 있다. 그림 1에서 점선안의 부분은 Reader라고 총칭하여 부르는데 Tag에 해당하는 카드의 정보를 읽어 들이고 Tag의 Power를 공급하는 기능을 한다. Tag는 antenna와 저 전력 IC회로로 구성되어 Reader와 통신을 하면서 Data를 주고 받게 된다. 그리고, Reader는 Tag의 정보를 읽어들이 후 Host Computer에 송신하게 된다.[2] Reader와 Tag 사이에는 여러 종류의 주파수 변·복조를 사용하여 데이터를 주고 받을 수 있다. 본 논문에서는 125KHz와 2.4GHz대를 사용한 시스템으로 고려 하였다.

2.1 Tag의 구성

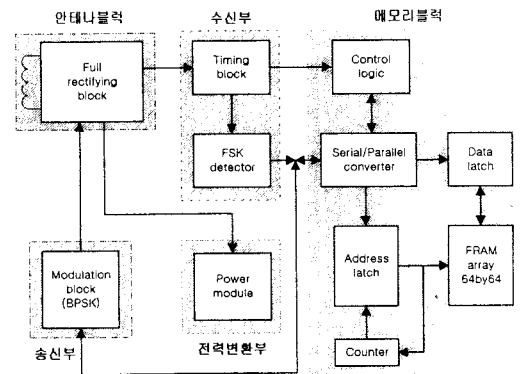


그림2. Tag의 블럭도

Tag는 에너지원의 유무에 따라 능동(Active)형과 수동(Passive)형으로 분류하는데 본 논문에서는 수동형이면서 읽고 쓰기가 가능한 Tag를 적용하였다. 그림2는 125KHz에서 사용되는 Tag의 구성도를 나타낸 것으로 Reader가 연속적으로 RF carrier sine wave를 발생하면서 modulation이 발생하는지 감지하는데 field내에서 modulation이 감지되면 Tag가 존재하는 것으로 인식하게 된다. RF field안에서 Tag가 동작하기에 충분한 에너지를 충전하면 Tag 내부의 메모리에 저장된 데이터는

변조모듈을 통해서 BPSK로 변조되어 Reader로 전송하게 된다.[3]

2.2 Reader의 구성

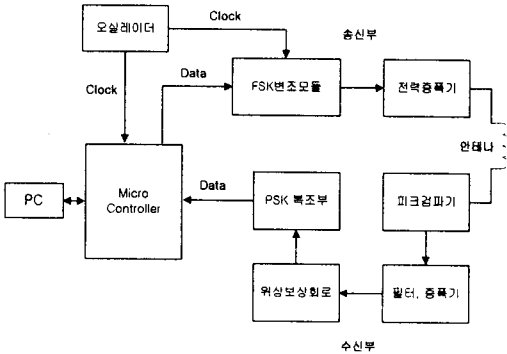


그림3. Reader의 블록도

Reader는 Tag에 power와 RF 신호를 공급해 주는 역할을 한다. 그리고, Tag에서 송신된 신호를 분석하여 다시 Tag에 송신하여 Data를 갱신시키는 역할을 한다. Reader는 그림3과 같이 크게 송신부, 수신부, micro controller 부분으로 구성되어 있다. micro controller로 PIC16F84를 사용하였는데 PIC16F84는 저 전력이며 18핀 플라스틱 package로 전기적으로 소거/라이트가 가능한 EEPROM과 13개의 I/O 핀, 오실레이터 회로, 리셋 회로, 타이머/카운터 등을 내장하고 있는 one chip micom 이다.

3. 지하철 무개찰 시스템

비접촉 RF-ID 시스템을 응용하여 지금 사용되고 있는 Gate 시스템의 불편을 제거하고자 무개찰 시스템을 제안하였다. 우선 인식 거리의 한계성을 극복하고자 2.4GHz대를 적용하였고, 정확한 인식을 위하여 장애물에 대해서 투과성이 좋은 125KHz를 복합적으로 적용하였다. 이 시스템을 적용하면 각 역마다 설치되어 있는 매표소와 Gate가 제거되어 인건비와 시설 유지비가 감소될 것으로 예상된다. 그리고 특정 시간대의 승객의 증가로 인한 혼잡함이 감소되어 열차의 전체적인 흐름이 빨라질 수 있는 효과가 있다.

3.1 지하철 무개찰 시스템의 구조

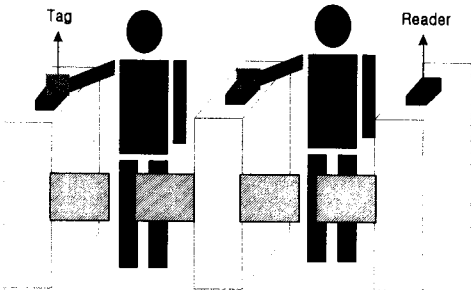


그림4. 현재 사용 중인 RF용 Gate System

기존의 Gate 시스템은 승차권 투입식이거나 그림4와 같은 형태로 구성되어 있어서 승객이 직접 요금 징수를

위한 행동이 필요하며 승객이 많은 경우는 자신의 순서가 올 때까지 대기하는 시간이 필요하다. 하지만 제안된 무개찰 시스템은 이러한 RF-ID용 시스템을 벽면과 바닥에 설치하여 승객이 자유롭게 통로를 지나면서 요금을 징수할 수 있도록 구성하였다.

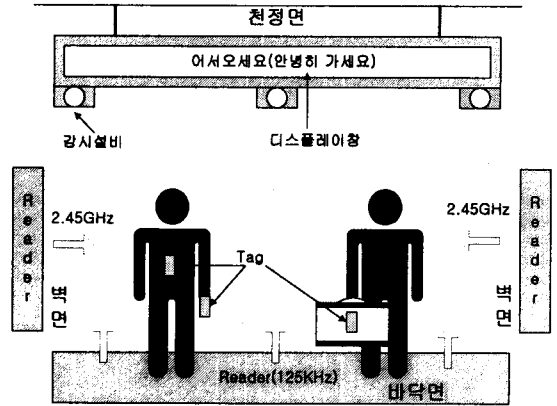


그림5. 무개찰 시스템의 구성도

카드를 소지한 승객이 그림5와 같은 무개찰 시스템을 통과하게 된다면 Tag인 Card가 어디에 있는지 검색이 되므로 짐이 많은 승객이나 장애자에게 특히 편리하다. 일반 승객도 승차권을 꺼내야 하는 번거로움이 제거될 뿐만 아니라, 대기 시간이 제거되므로 승객의 빠른 이동이 이루어 진다. 그림5와 같이 구성된 시스템에서 125KHz에서는 Tag에 power를 공급해 주고 Data 송·수신용으로 이용되며 2.4GHz대에서는 Data 송·수신만 하게 된다. 현재 2.4GHz대에 대해서는 Blue Tooth Chip의 사용 가능 여부를 검토중이다. Blue Tooth의 특징은 interference에 강하고, 복잡도가 적고, 소형, 저 전력, 저 가격이라는 점이다. 이러한 무개찰 시스템을 통과하기 전에 다수의 Card를 소지한 승객의 있을 수 있으므로 과징수의 오류를 검출하기 위해서 별도의 시스템을 구성하였다.

3.2 승객의 카드 분류 시스템

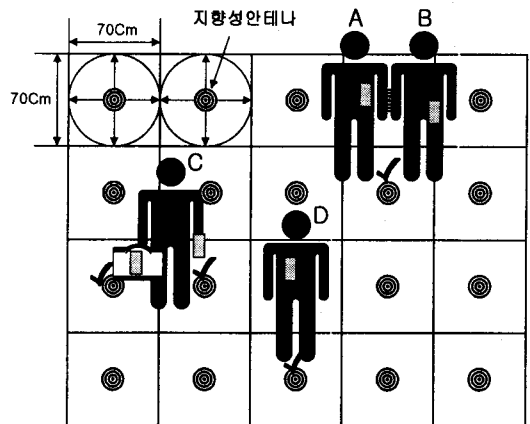


그림6. Card Check Zone 구성도

무개찰 시스템을 통과하기 전에 그림6과 같은 구역을 만들어서 카드의 분리 작업을 할 수 있도록 하였다. 승객이 이동하는 통로의 바닥에 125KHz로 작동하는 지향

선 안테나인 Reader를 가로, 세로 70Cm 간격으로 설치하여 이 Card Check Zone을 통과하면서 Tag인 Card로 power를 공급받아 Card Check Zone의 첫 번째 시작 열에서는 Card의 고유번호를 인식하게 된다. A, B, C, D라는 승객이 그림 6과 같이 Card를 소지한 채 이동하고 있다고 하면 해당범위에 있는 사각형 zone안에 있는 안테나는 반응을 한다. 표시는 현재 동작 중인 안테나를 표시하고 있다. 하지만 A, B라는 사람은 각각 하나씩의 Card를 소지하고 있음에도 불구하고 하나의 승객의 경우 2개의 Card를 소지하고 있는 상태에서 지향성 안테나가 반응을 하게 된다. 즉, 두 사람으로 오인할 수 있다는 점이다. 그래서, A, B, C의 카드 집단을 각각 분류할 필요성이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 승객의 움직임을 관찰하여 카드의 이동 경로를 추적하여야 한다.

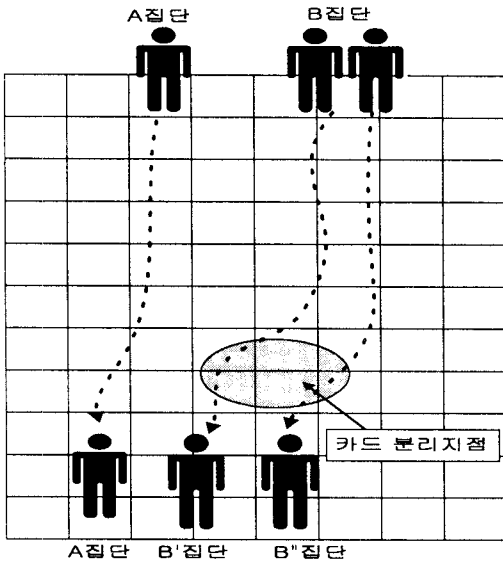


그림7. Card의 분류 기법

무개찰 시스템에 들어가기 전에 그림7과 같은 Card Check Zone을 거치게 되면 어느 일정한 시점에서 Card 분류 지점이 발생하여 최종적으로 Card 집단을 분류할 수가 있다는 것을 보인 그림이다. 서로 이웃하고 있는 Zone은 같은 Card 집단으로 생각하고 판단하는 기법이므로 그림에 보인 타원형의 지점처럼 서로 이웃하지 않은 구간이 발생하는 때를 체크하는 프로그램이 요구된다.[4] 점선으로 표시된 화살표는 승객이 이동하는 경로를 표시한 것이다. 최종적으로 이 구간을 통과하면 A, B', B" 집단으로 분류가 된다.

4. 적용 결과

서울 지하철의 잠실 역 몽촌토성 역에서 측정된 승객의 개찰 소요 시간을 분석해 본 결과 표1과 같이 나타났다. 사람이 이동이 적은 시간대와 사람이 많이 왕래하는 퇴근 시간대를 비교 분석하였다. 이곳에서 사용하는 개찰 시스템은 승차권 투입용 Gate와 RF-ID용 Gate를 동시에 사용하는 역이다. 역 상황에 따라 다소 변동이 있겠지만 이와 같은 시간이 소요되는 것으로 나타났다. 이용객이 적을 때가 더 많은 시간이 걸린 것으로 나타나서 다소 예상 밖의 결과였으나 승객이 적을 때 심리적으로 여유가 있어서 행동이 느려져서 발생한 결과로 판단된다.

표1. Gate 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

무개찰 시스템을 적용한다면 표1과 같이 나타난 소요 시간이 거의 제거될 것으로 본 연구에서는 분석된다.

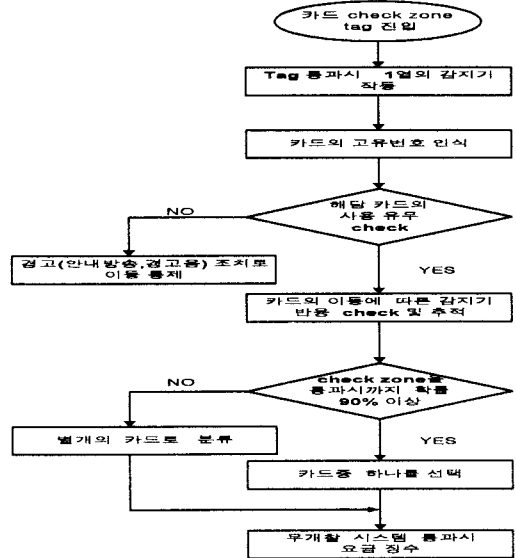


그림8. Flow chart of card checking

5. 결 론

본 논문에서 제안한 무개찰 시스템은 점점 더 증가되는 지하철의 승객에 대해서 보다 편리한 서비스를 제공함과 동시에 경영자 측면에서도 보다 효율적인 운영이 될 수 있다는 점에 목적이 있다. 승객이 게이트나 매표소 앞에서 대기하는 시간이 거의 Zero에 가깝기 때문에 승객이 이동하는 전체적인 흐름이 빨라지므로 열차의 운행 시간을 단축시킬 수 있고, 혼잡성도 크게 줄어든다.

[참 고 문 헌]

- [1] 김현, 류형선, 진인수, 김양모, "RF-ID 시스템을 이용한 무개찰 시스템에 대한 연구", 대한전기학회 추계부문학술대회 논문집D권, pp.729-731, 2000,11
- [2] 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
- [3] "MicroID 125KHz RFID System Design Guide", MicroChip Technology Inc, 1998
- [4] Masahiko Naito, Ryo Takagi, Satoru Sone, "Possibility of Gateless Utility System for Railway Using Contactless IC Cards", 交通システム工学(JR東海) 寄付講座 年報, pp.263-272, 1997.4