

전철역에서의 Gateless 시스템

이웅재*, 김도훈, 이교성, 오세호, 김양모

Gateless System in the Subway station

Lee Yong-Jea, Kim Do-Hun, Lee Kyo-Sung, Oh Se-Ho, Kim Yang-Mo

Abstract - We have frequently felt it inconvenient to collect fare drawing the card in transportation system. Especially, for subway the fares of mass transportation at rush hours of the days, it's important to find a way to collect fares without unnecessarily delaying passengers.

In this paper, we proposed a system for the gateless fare collection passing through the booth in only carrying the card. In this system that RF-ID system and Bluetooth are applied. We designed two wireless communication channels. One is the 125kHz communication channel by FSK and PSK for power supplying on the card and identification and the other is 2.4GHz channel for the collection.

1. 서 론

RF-ID (Radio Frequency Identification) 시스템은 물체의 특성을 파악, 무선통신, 보안 및 제어등 많은 분야에서 응용되고 있다. 현재 응용되고 있는 방식에는 단점이 있다. 예를 들면 데이터를 저장하거나 새로운 데이터를 읽어들이는 방식에서 쓰면 쓸수록 감지하는 기능이 떨어진다. 수동 RF-ID 시스템의 사용은 바코드나 마그네틱 카드의 단점을 무선데이터 통신을 통해서 극복할 수가 있다. RF-ID 시스템은 현재 많은 나라에서 그들의 시스템에 적용하기 위해서 많은 연구가 진행되고 있는 실정이다. 특히 우리나라와 같이 특정한 시간대에 몰리는 지하철 개찰구 같은 장소에는 RF-ID 시스템을 적용해서 많은 이점을 얻을 수가 있다. 현재 우리나라의 경우 지하철 이용자가 급증하면서 지하철 개찰구 근처가 매우 혼잡하고 또한 정체도 심해졌다. 이에 본 논문에서는 최근에 활발히 진행되고 있으며 그 응용 분야도 광범위한 RF-ID(Radio Frequency Identification) 시스템을 이용하여 빠른 개찰을 이루어지도록 하고자 한다. 송신의 125kHz와 수신으로 2.4GHz의 주파수를 사용하여 개찰구를 만들지 않고 일정한 구간만을 지나가면서 자동적으로 요금징수가 되도록 하여 현재 개찰구 앞에서의 혼잡을 조금이나마 줄여보고자 한다.

2. 본 론

2.1 RF-ID 시스템의 기본원리

RF-ID System은 Tag와 Reader 그리고 Host Computer로 구성되어 있다. 그림1에서 Tag의 앞부분은 Reader라고 칭하여 부르는데 Tag에 해당하는 카드가 정보를 읽고 Power를 공급하는 기능을 한다. Tag는 저 전력 IC회로로 구성되어 Reader와 통신을 하면서 Data를 주고받게 된다. 그리고 Reader는 Tag의 정보를 읽어들이면 Host Computer에 송신하게 된다.

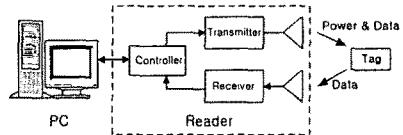


그림 1 RF-ID 시스템

2.1.1 Reader의 구성

리더의 역할은 에너지원을 만들어 주어서 Tag에 전력을 공급하며 Tag의 데이터를 받아들여서 통신을 실행하게 된다. 그림 2에서 보듯이 Reader는 송신부, 수신부, 안테나, 마이크로 컨트롤러로 구분할 수 있다.

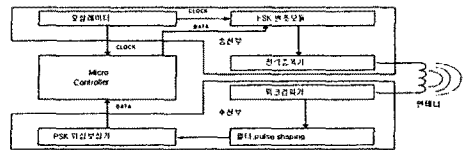


그림 2 Reader의 구성

만약 필드영역 안에 Tag가 없을 때는 RF캐리어 신호를 안테나를 통해서 전송하고 필드영역 안에 Tag가 존재할 때에는 Data를 FSK방식으로 송신하게 된다. 수신부에서는 검파기에 의해서 검출된 신호를 Filter와 Pulse shaping을 거치면서 캐리어 신호의 1/2주파수의 구형파로 복조 되어 데이터를 읽어 들이게 된다.

2.1.2 Tag의 구조

그림 3은 Tag의 일반적인 내부 구조를 도시한 것으로 이것은 경로가 추적되어지는 물체에 부착하여 그 물체에 관련된 자료를 가지고 다니는 역할을 한다. 수동형 Tag는 IC Chip에 내장되어 있는 자료를 전송하기 위해 필요한 에너지원을 Reader에서 보내주는 신호에서 취득하고, 능동형 Tag는 자체 내에 내장되어 있는 에너지원에서 Power를 얻는다. 또한, 자료 메모리 형식에 따라 읽기만 가능한 형식과 읽고 쓰기가 가능한 두 종류의 형식이 있다.

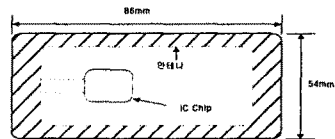


그림 3 태그의 구조

2.1.3 요금 징수를 위한 무개찰 시스템

그림 4는 무개찰 시스템을 보여주고 있다. 요금은 카드를 감지하는 지역의 RF 리더영역을 지나가는 것에 의해서 요금이 자동으로 징수가 된다.

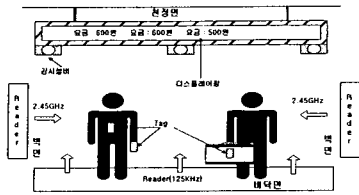


그림 4 무개찰 시스템

그림 5는 카드감지지역의 구조를 보여주고 있다. 카드감지지역은 길이가 수평/수직방향으로 70cm인 정사각형으로 이루어져있다. √표시는 승객이 그 지역을 지나갈 때 동작하는 안테나를 나타낸다. 이 지역에서 안테나는 승객이 카드를 가지고 있는지 없는지를 감지하여 리더로부터 보내는 전력신호에 의해서 요금이 부과되도록 한다.

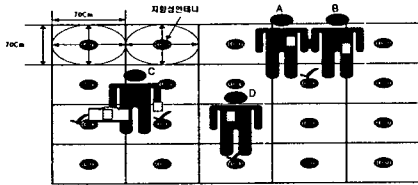


그림 5 카드감지지역

2.2 다중 채널 RF-ID 시스템

그림 6은 다중 채널 RF-ID 시스템을 보여주고 있다. 내부 전원을 가지고 있는 리더가 카드에게 전원과 데이터를 전송하게 된다. 리더는 계속적으로 RF 영역을 만들고 그결과 카드는 에너지를 얻게 된다.

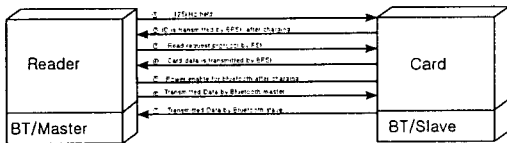


그림 6 다중채널 RF-ID시스템의 구성도

카드가 영역내로 들어오게 되면 리더와 카드사이에서 통신이 시작되고 카드는 리더에게 영역내에 들어왔다는 신호를 보내게 된다. 카드가 리더에게 ID신호를 전송한 후에 리더는 영역내에 카드의 존재를 알게되고 카드내의 정보를 요청하기 위해서 카드에게 READ protocol을 전송하게 되고 카드는 리더에 의해서 요청된 protocol을 받게 된다 데이터를 받은후에 리더는 그 데이터를 처리하게 되고 카드가 승차하기에 충분한 요금을 갖고 있는지를 데이터가 표시하게 된다.

만약 카드에 충분한 요금이 없다면 경고신호가 발생하게 되어 카드의 충전된 에너지가 배터리를 동작하게 되고 그 결과 우리는 Bluetooth device에 에너지를 저장해서 배터리를 활성화 시킬수가 있게 된다.전원이 처리된 후에 BT master는 BT slave 와 연결되어 마스터와 슬레이브 간에 요금에 관한 데이터를 상호 교환하게 된다. 모든 교신이 끝나게 되면 slave는 Hold mode로 들어 가게 된다.

2.3. 다중 채널 RF-ID 시스템의 설계

2.3.1 리더

그림 7은 리더의 전송자를 보여주고 있다. 그것은

74AC4040과 power module을 사용한 FSK modulator로 구성되어 있다. 카드가 리더의 RF영역에 있으면 Enable signal은 low가 되고 변조기(modulator)는 125kHz의 신호를 출력하게 된다. 또한 카드가 RF영역에 들어서게 될 경우 Enable signal은 High가 되고 변조기는 121/129kHz의 변조된 신호를 출력하게 된다. Power module은 카드에게 에너지와 데이터 신호를 전달하기 위해서 변조된 신호를 증폭하게 된다.

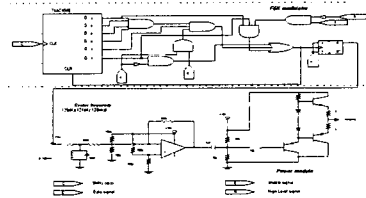


그림 7 전송회로의 등가회로

2.3.2 수신자(Receiver)

그림8은 리더의 수신자를 보여준다. Peak detector와 필터, pulse shaping 회로, BPSK 복조기와 위상보상기로 구성되어 있다. Peak detector는 카드에 의해서 후방 산란(Backscattering)된 BPSK 데이터 신호를 감지한다. 그 신호는 약 100mVpp이고 전자장치에 의해서 잡음이 발생하기 때문에 신호를 증폭하기 위해서는 신호에서 잡음을 제거하는 것이 필요하다. 필터와 pulse shaping 회로는 BPSK 데이터신호를 출력한다. 이 신호는 BPSK 복조기의 clock으로 입력된다. 위상보상기는 데이터를 최상적으로 복조시키기 위해서 90°의 위상차를 유지하고 있다.

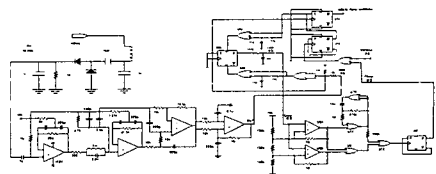


그림 8 수신회로의 등가회로

2.3.3 Bluetooth Master

블루투스 장치의 리더역할을 하는 것은 마스터(Master)이다. 블루투스 장치는 마스터를 표현하는 하나 또는 그 이상의 슬레이브(Slave)의 연결을 초기화시킨다. 어떠한 장치도 Piconet의 마스터가 될 수 있다. 하지만 이 시스템에서 리더는 단지 마스터로만 쓰인다. 마스터는 초기화를 실행하고 초기화되면 리더는 Read_Buffer_Size 명령과 Read_bd_addr 명령을 실행한다.

2.3.4 카드

그림9는 카드의 등가회로이다. 전력공급장치는 공급 커패시터에서 에너지를 저장하고 리더로부터 전송된 RF 신호를 정류하는 것에 의해서 DC전압(5V)를 내부회로에 공급한다. Clamping 회로는 회로내의 Clamping 트랜지스터와 비교기(Comparator)를 통해서 DC 5V로써 회로를 유지한다. FSK감지기는 리더로부터 전송된 데이터를 감지한다.

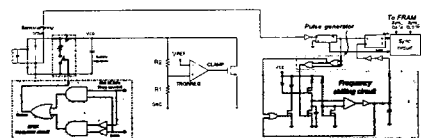


그림 9 수신회로의 등가회로

2.3.5 Bluetooth Slave

카드검지지역에 들어선후에 카드의 충전된 에너지는 배터리의 전력을 구동시킨다. 그리고 블루투스 슬레이브 또한 초기화된다. 블루투스 호스트는 슬레이브를 구동시키기 위해서 블루투스 호스트 제어기(Bluetooth Host controller)를 활성화시키는 HCI명령을 보낸다. (set_event_filter, pagescan_activity, inquiryscan_activity, and write_scan) 이러한 명령의 되돌아온 매개변수와 정보에 기초해서 카드는 블루투스의 상태를 결정한다. 명령이 성공적으로 동작하면 슬레이브는 마스터와 계속 연결되어 있다.

2.3.6 데이터 교환 과정

마스터와 슬레이브 모두 초기화가 이루어진후 마스터는 Inquiry substate에 들어가는 카드를 감지하기를 바라게 된다. Inquiry 과정은 일정한 범위내에서 다른 블루투스 장치를 감지할 때 사용할 수 있다. Inquiry 과정을 위해서는 마스터의 반응은 필요가 없고 단지 슬레이브의 동작만 필요하다. 슬레이브는 Inquiry scan substate에 있는 Inquiry message를 받게 된다. 그리고 마스터에게 Inquiry 응답을 보내게 된다. 마스터는 Inquiry 응답을 받은 후에 연결상태로 들어가게 된다. 그림10은 역(station) 밖에 있는 승객의 데이터 교환과정에 대한 Flowchart를 보여주고 있다. 리더는 출발부터 연결상태까지 카드와 유사하다. ACL 연결상태가 되면 슬레이브는 요금에 답습요금에 충분한지 여부를 결정하게 된다.

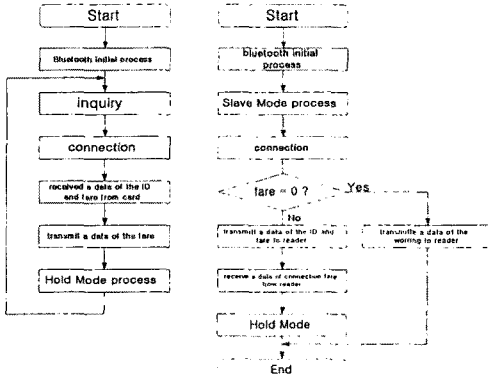


그림 10 데이터 교환과정의 흐름도

요금이 충분하면 각각 2개씩의 블루투스, 마스터, 슬레이브는 FRAM에 있는 데이터를 서로 교환하게 된다. 그리고 카드의 리더로부터 데이터를 받은 것에 기초해서 요금을 계산하고 카드에게 다시 정보를 돌려준다. 그러면 카드는 FRAM에서 정보를 다시 읽어들인다.

연급한 모뎀과정이 끝나게 되면 카드는 Hold mode로 들어가게 된다. 승객이 역(station)내로 들어가게 되면 리더는 단지 station ID의 정보를 보내고 카드는 FRAM에서 station ID를 저장하게 된다.

3. 실험결과와 시뮬레이션

마스터와 슬레이브간의 통신 방법은 블루투스호스트와 호스트 컨트롤러 사이의 RS-232C를 통한 접속이다. 마스터와 슬레이브간의 통신이 가능하게 해주는 프로그램은 마스터와 슬레이브간에 Switching을 가능하게 해주며 또한 슬레이브에게 정보를 전송할 수 있게 해준다. 그 결과 우리는 슬레이브에게 정보를 보내고 슬레이브는 정보를 받아서 FRAM에 저장하게 된다.

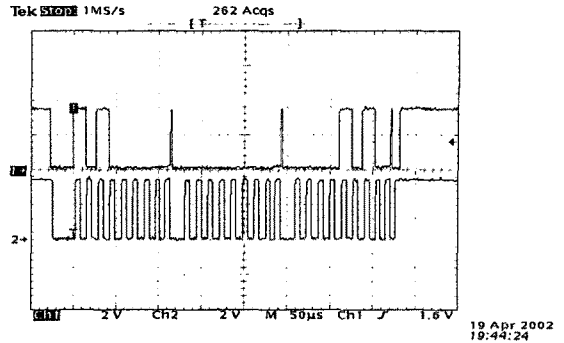


그림 11 FRAM에서의 판독과정

그림 11은 슬레이브 호스트로부터 받은 정보를 FRAM에서 읽는 과정을 보여준다. 3.0V구동전압에 16K 비트의 메모리를 가지는 FM24C16의 FRAM이 사용되었고 슬레이브 호스트로는 PIC16F84A가 사용되었다. PIC는 블루투스 슬레이브로부터 정보를 받고 정보저장 과정이 끝나면 슬레이브는 Hold mode상태로 들어가게 된다.

4. 결론 및 고찰

이번 논문에서 우리는 다중채널 RF-ID시스템과 무개찰 요금 수집 시스템에 대해서 제안했다. 개찰구를 제거하고 그 대신 125kHz RF-ID시스템과 블루투스를 사용했다. 125kHz는 카드감지와 카드에게 전력 및 정보전송을 위해서 사용되었고 블루투스는 카드와 리더간의 정보신호의 통신을 위해서 사용되었다. 시뮬레이션을 통해서 우리는 블루투스 장치사이에서 FRAM의 판독과정을 보여주었다. 하지만 그것은 단순히 point-to-point 연결만을 보여준 것이기 때문에 우리는 더 나은 통신을 위한 네트워크의 구축을 위해서 노력해야 한다.

(참고 문헌)

- [1] Baker, Li, Boyce, "CMOS circuit design, layout and simulation," IEEE PRESS, pp.313-326
- [2] J.C.Haartsen, "the Bluetooth Radio System," IEEE personal Communication Mag, pp.28-36, vol .7, February 2000
- [3] Fredrick W.Grover, "Inductance Calculations," Dover publication, New York, 1946.
- [4] T.Salonidis, P.Bhagwat, L.Tassiulas and R.LaMaire, "Distributed topology construction of Bluetooth personal area network1", Proc.IEEE INFOCOM
- [5] Keith Henry, "Radio Engineering Handbook," McGraw-Hill,1963
- [6] C.K.Kim and S.B.Ahn,"Public Transport Fare Integration with Smart Cards in Seoul," PA19990156022
- [7] Remotely interrogated transponder, Patents : US 4,786,903, Nov.22,1988

본 연구는 미세정보시스템연구센터(MICROS)의 연구지원으로 수행되었음