

논문 2008-45IE-4-12

# RFID를 이용한 교도소의 온라인 통제 시스템 개발

(Development of On-line Control System Using RFID On the Prison)

박 승 환\*, 구 자 일\*\*

(Seung Hwan Park and Ja Yi Ku)

## 요 약

본 논문은 교도소 출입문의 모든 개폐 현황과 정보를 온라인 네트워크를 통하여 중앙의 통제실에서 실시간으로 확인할 수 있도록 하고, 실별, 층별로 위치한 다수의 출입문 개폐동작을 개별 또는 병렬로 동시에 동작할 수 있도록 하는 중앙통제에 의한 양방향 제어시스템을 구성하였다. 현재 사용 중인 125kHz대 RFID기술의 단점을 보완하기 위해서 13.56MHz대 RFID 기술을 적용하여 보안 및 신뢰성 문제를 해결하였으며, 비정상적으로 문이 열릴 경우 경광등 및 경보음을 울리도록 하는 온라인 통제 및 관리 시스템을 개발하였다.

## Abstract

The paper represented central management system of dual direction that does opening and shutting, real-time check of various doors of the prison in the on-line network. To remove a fault of 125kHz RFID technology, we use 13.56MHz RFID technology, can solve the problem of the maintenance and trust, development of on-line control and management system that ring the alarm in the abnormal opening and shutting doors.

**Keywords :** RFID, Central Management, Real-Time, On-line

## I. 서 론

현재 국내는 유비쿼터스 네트워크에 대한 체계적인 개발 계획 수립 단계에 이어, RFID 시스템의 활용으로서 저주파 및 고주파 RFID IC 칩, 리더 모듈을 도입하여 도서관, 출입통제, 교통카드 등에 널리 보급되어 사용 중에 있다. 그러나 대부분의 국내 RFID관련 산업은 그 기술의 수준이나 상품경쟁력에 있어 매우 취약한 소규모의 산업구조를 가지고 있으며, 경쟁력 확보와 시장 개척을 위한 노력이 필요한 시점에 있다. 이러한 RFID 분야의 출입통제 관련기술의 확대를 위한 응용

기술로서 교도소 및 보안이 요구되는 빌딩의 전체 출입을 통제하고 관리하기 위한 RFID 개폐 제어 시스템의 개발이 요구된다.

교도소에 사용되는 기존의 철제의 출입문의 경우 하루 수백여 회의 개폐가 이루어지고, 개폐 동작 시 발생되는 소음이 지나치게 발생하여 근무자의 피로가 누적될 수 있다. 최근 이를 해결하기 위한 방안으로 지방 교도소에 카드키를 이용한 방법으로 출입문의 잠금장치를 개선하려는 시도가 있었으나 전체 시설물의 출입문의 통제와 정보를 처리하는 전문적 시스템화가 진행되지 못하고 있는 실정이다.<sup>[1]</sup> 국외의 경우 캘리포니아 교도소관리 시스템의 응용예가 있지만 이는 수감자의 RFID 태그부착을 통해 수감자의 활동을 실시간 모니터링하는 추적시스템이다.<sup>[2]</sup>

이에 본 연구에서는 기존의 일반적인 출입관리 시스템과 달리 보안성과 신뢰성이 강조되는 새로운 개념의 출입문 온라인 통제 시스템을 제안하였다. 본 시스템은

\* 정희원, 을지대학교 의료공학과 조교수  
(Department of Biomedical Engineering,  
Eulji University)

\*\* 정희원, 인하공업전문대학 디지털전자정보과 조교수  
(Department of Digital Electronics Information,  
Inha Technical College)

접수일자: 2008년11월10일, 수정완료일: 2008년12월9일

출입문의 모든 개폐 현황과 정보를 온라인 네트워크를 통하여 중앙의 통제실에서 실시간으로 확인이 가능함과 동시에 실별, 층별로 위치한 다수의 출입문 개폐동작을 개별 또는 병렬 동시동작으로 수행될 수 있도록 하는 신개념의 중앙통제에 의한 양방향 제어식 출입문 개폐 제어 방식으로 구성하였다. 여기에 125kHz 대의 RFID 기술을 보완하여 13.56MHz 대의 RFID 기술을 적용하여 보안 및 신뢰성 문제를 해결하였으며, 교도소 및 보안특수시설의 제한조건에 적용될 수 있도록 비정상적으로 문이 열릴 경우 경광등 및 경보음을 출력함으로써 비상사태를 인지할 수 있는 기능을 갖는 관리자 중심의 온라인 통제 및 관리 시스템의 원형을 개발하였다. 본 연구에서 제안한 시스템은 교도소를 비롯한 보안이 요구되는 빌딩의 출입통제 전문 시스템으로써 보안 정보 및 특수 원격 제어 기술 분야에 적용될 수 있을 것이다.

## II. 본 론

### 1. RFID 인식장치의 구성과 동작

RFID는 인식장치, 안테나, 태그 등으로 구성되어 사람, 차량, 상품, 교통카드 등을 비접촉으로 인식하는 기술로서 일반적으로 많이 사용되는 수동형 태그 시스템은 RFID 리더가 RF 캐리어 신호를 태그에 송신하고, 태그는 RF 신호가 들어오면 진폭 또는 위상 변조하여 태그에 저장된 데이터를 캐리어주파수 신호로 리더에 되돌려 주고(backscatter), 되돌려 받은 변조신호는 리더에서 복호화되어 태그 정보가 해독되는 것이 기본원리이다.

RFID 리더는 수동형 태그가 동작할 수 있는 전력과 명령어를 무선 반송파 신호로 태그에 전송하고 태그로부터 응답을 수신하여 신호를 복원하는 기능을 수행한다. RFID 리더는 RF/아날로그부와 디지털 신호처리 제어부로 구성된다. RF/아날로그부는 안테나로 전력과 데이터를 전달하기 위한 전력 증폭기와 주파수 상향 혼합기, 태그로부터 안테나에 수신된 응답 신호를 복원하기 위한 저잡음 증폭기(LNA : Low Noise Amplifier)와 아날로그 신호처리(Analog Baseband)부로 구성된다. 디지털 신호처리 제어부는 디코더, 인코더, 클럭 발생회로, 메모리, 프로세서 및 호스트 인터페이스부 등으로 구성된다.

그림 1은 RFID 리더의 구성으로, 안테나 및 RF 회로, 변복조기, 실시간 신호처리 모듈, 프로토콜 프로세서가 포함된다. 이러한 RFID 리더의 RF/아날로그부와

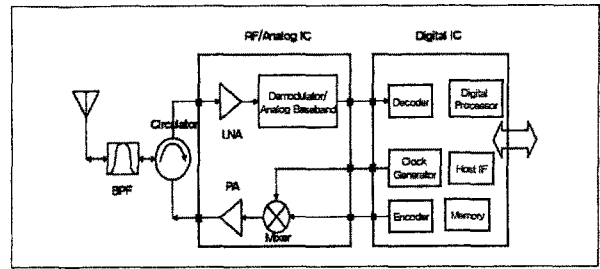


그림 1. RFID 인식 시스템의 일반적 구성  
Fig. 1. General RFID recognition system.

디지털 신호처리 제어부는 주로 단일 칩 혹은 다중 칩의 형태로 제작된다.

본 연구에서는 교도소 및 보안시설의 온라인 통제 시스템에서 요구되는 주요 기능으로서 카드사용, 양방향 잠금 제어, 온라인 네트워크, 중앙모니터링 및 경광등 및 경보음 제어의 5가지 기능을 제안하였으며, 기존의 시스템과 비교하면 다음과 같다.

### 2. System H/W의 구성

그림 2는 출입문 개폐장치의 내부 블록 구성도이다. 수감실의 출입문 개폐 장치는 13.56Mhz 대의 RFID 기술을 이용하며, 카드를 사용하여 출입문의 개폐제어와 함께, 개폐상태 정보를 중앙통제실에 전송하는 기능을 수행하도록 설계하였다. 현행 사용하고 있는 기존 열쇠를 이용한 방법은 다량의 열쇠를 소지하고 관리하여야 하는 업무 특성으로 인해 이동시 불편함이 가중되었다. 이를 RFID를 이용한 카드 소지 관리 방법으로 변화시켜 열쇠 관리업무에 대한 부담을 경감시키는 기능이 요구된다. 개폐장치는 출입문의 개폐 전기 구동부를 제어하기 위한 개폐 제어보드 및 RFID 카드의 리더 기능 및 출입문의 개폐상태 정보 전송 기능, 출입문의 확실한 잠금 상태 유지를 위해 출입문의 비정상 가동시 알람을 발생하는 기능을 갖는 메인 콘트롤러(main controller)보드로 구성하였다. 개폐제어 보드는 솔레노

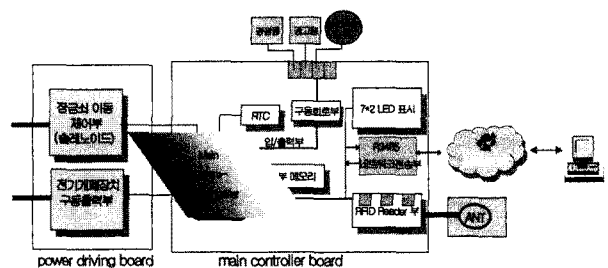


그림 2. 출입문 개폐장치의 내부 블록 구성도  
Fig. 2. Inner block diagram of door control system.

이드 장치에 의한 잠금쇠 이동제어부와 전기모터에 의한 전기개폐장치를 구동하는 전기개폐장치 구동출력부로 구성하였다.

### 3. 시스템 네트워크

그림 3은 온라인 통제 제어 장치 중앙의 관리 컴퓨터에 대한 네트워크 구성도이다. 그림 4에서 중앙의 컴퓨터에서 운영자가 각 출입문의 개폐현황에 관한 정보를 확인할 수 있도록 교도소 출입문에 위치한 다수의 도어 장치로부터 데이터 변화에 대한 정보를 전송 받는다. 중앙의 컴퓨터와 로컬장치의 연결은 온라인을 통한 네트워크로 구성하였다. 여기에 중앙관리 컴퓨터의 운영 소프트웨어는 개폐현황에 대한 데이터를 전송 장치를 이용하여 각각의 도어 출입의 카드 액세스 상태 및 빈도를 일시 시간별로 데이터를 전송 받아 이를 저장, 분석할 수 있는 기능을 수행하도록 설계되었다.

네트워크의 전체구성은 각 출입문별 개폐장치의 외부통신회로부와 멀티통신이 가능한 시리얼 통신용 디바이스 서버로 구성하고 허브를 통해 중앙 관제시스템의 최종단인 모니터 링 컴퓨터의 서버로 온라인으로 연결된다. 네트워크는 멀티포인트 통신회선을 위한 TIA/EIA 표준으로서 RS-485 방식에 의한 시리얼 신호 전송방법을 사용하였다. RS-485은 통신거리가 1.2km에 달하는 방법으로 반이중(Half Duplex)통신방식을 사용한다. 특히 네트워크의 시설이 간편하고 경비가 저렴하여 경제성이 강조되는 네트워크 방식이다.

모니터링 컴퓨터와 단말기인 출입문 개폐장치와의 상호 통신과 동작수행은 모니터링 소프트웨어를 실행시킴으로써 수행된다. 이는 모니터링 컴퓨터가 위치한 중앙의 통제실에서 온라인 네트워크를 통하여 출입문의 모든 개폐 현황을 실시간으로 확인하고, 다수의 출입문

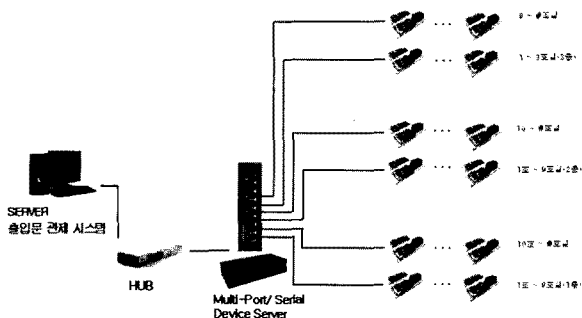


그림 3. 교도소 출입문 통제를 위한 온라인 네트워크 구성도  
Fig. 3. On-line network configuration for the prison door control.

개폐동작을 개별 또는 병렬 동시동작으로 제어할 수 있는 기능 등의 관리를 위한 운영소프트웨어이다.

### 4. System S/W의 구성

그림 4는 시스템 flow chart이다. 이 단계를 따라 모니터링 소프트웨어는 실시간으로 각 단말기의 상태를 모니터링 함으로써 각 출입문별 개폐정보를 획득하고 임의 지정시간 및 시간대 별 개폐제어명령을 전송하는 것 외에 알람기능을 활용할 수 있도록 비정상 가동시에 알람의 발생 및 해제기능을 갖도록 소프트웨어를 구성하였다. 네트워크 구성은 각 호실 출입문에 위치한 개폐장치는 단말기로서 멀티포트 통신이 가능한 시리얼 디바이스 서버에 온라인으로 연결되며, 허브를 거쳐 중앙 통제실의 모니터에 연결되어 있다. 여기에 모니터링 장치는 개인용 컴퓨터로 구성되며 시리얼 통신모드에 의한 PC 인터페이스를 통해 연결하여 데이터의 전송동작을 수행시켰다.

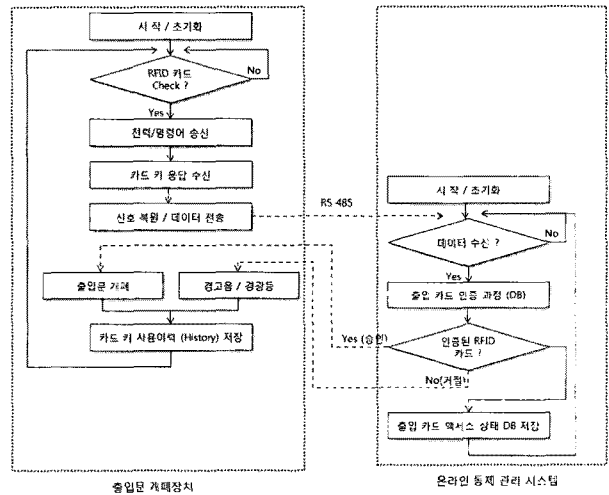


그림 4. 시스템 flow chart  
Fig. 4. The flow chart of the system.

컴퓨터와 해당 단말기에 대하여 RS-485 구동용 소프트웨어를 연동하여 운영소프트웨어에 의해 개폐상태 정보 전송 요구신호인 데이터의 전송 개시신호의 발생으로부터 이루어지며, 단말기로서 개폐장치는 전송 요구신호를 수신하면 데이터를 중앙 통제 모니터에 전송하게 된다. 모니터링 소프트웨어는 출입문의 모든 개폐상태정보를 모니터 화면에 표시하고, 이상동작 여부를 확인한다. 이때, 비정상가동시 알람을 발생하며, 경고등과 경고음 장치를 구동하여 운영자에게 상황을 확인할 수 있도록 하였다. 모니터링 소프트웨어의 주요 기능은 다음과 같다.

1. 출입문 개폐상태 확인기능 : 모니터링 소프트웨어에 의해 전체 단말기의 출입문 상태를 확인할 수 있는 기능이며, 교도소 내의 각 층별 출입문의 개폐상태를 표시한다. 개폐상태는 정상동작 상태와 비정상 동작 상태를 구분하여 모니터의 각 호실별로 표시함으로써 즉시 운영자가 확인할 수 있도록 하였다. 그림 5에 모니터링 프로그램에 의한 각 층별 출입문별 개폐현황을 표시한 화면을 보였다.

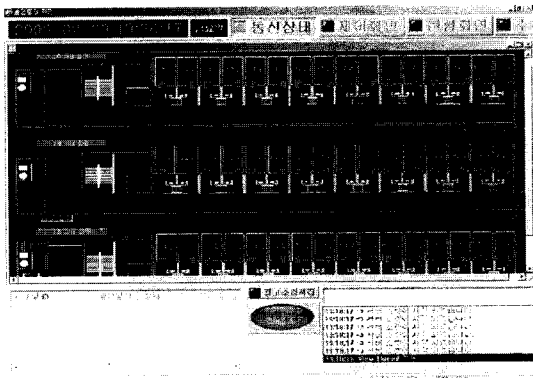


그림 5. 모니터링 소프트웨어의 실행 화면  
Fig. 5. The display of monitoring software.

2. 출입문 개폐정보 표시기능 : 운영자의 카드키에 의한 각 호실별 개폐동작 수행에 대한 사용 정보의 이력(history)을 데이터 베이스화하여 표시하도록 하였다.
3. 출입문 개폐제어 기능 : 다수의 출입문 개폐동작을 개별 또는 전체를 제어하여 열기/닫기 기능을 수

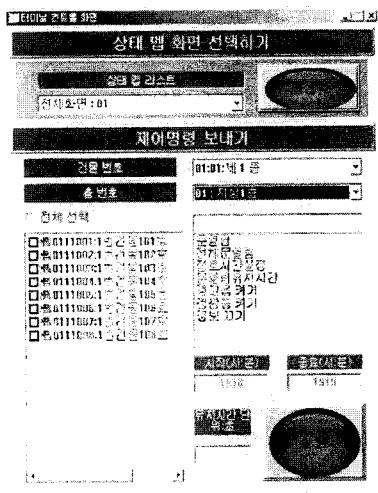


그림 6. 출입문 개폐제어 기능을 위한 선택 설정 화면  
Fig. 6. Pop-up menu of choice for door opening and shutting.

할 수 있도록 하는 기능이다. 운영자에 의해 각 층별의 출입문을 지정하여 선택하고 전체문열림, 열림유지시간을 설정할 수 있도록 하였다. 그림 6에 출입문 개폐제어 기능을 위한 선택 표시화면을 보였다.

4. 알람발생 표시 기능 : 경고음과 경광등의 출력장치의 동작을 운영자가 직접 신호를 출력시킴으로써 발생시킬 수 있으며, 설정된 시간외의 열림 이상 동작이 발생될 경우 알람이 표시되도록 하였다. 또한 경고음과 경광등의 해제기능이 있으며, 이는 시간 별 예약 설정이 가능하도록 하였다.

### III. 실험

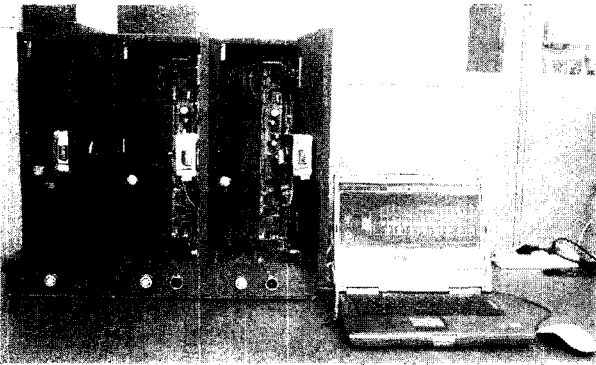
각 단말 개폐장치의 온라인 네트워크 구성을 위해, 시리얼 통신에 의한 외부통신회로부를 설계하였으며, RS485 통신 방식을 채택하여 사용하였다. 그림 7에 수감실 모의 장치 시스템 및 개폐장치에 사용된 메인보드의 외관을 보였다.

메인 콘트롤러부의 주요회로구성은 다음과 같다. RFID 카드를 이용하여 잠금/열림 기능을 수행하는 RFID 리더(reader)부의 회로구성은 안테나 및 RF 송수신회로, 마이크로컨트롤러로(Atmel社, Atmega 128) 이루어진다. RF 송수신회로는 안테나 송수신 전력과 데이터 전송을 위한 전력증폭기와 주파수 상향 혼합기, 태그로부터 안테나에 수신된 응답신호를 복원하기 위한 저잡음 증폭기(LNA)와 아날로그 신호처리 (Analog Baseband)회로로 구성되어 있으며, 카드 키를 동작할 수 있는 전력과 명령어를 무선 반송파신호로 카드 키에 전송하고 카드 키로부터 응답을 수신하여 신호를 복원하는 기능을 수행한다. 마이크로프로세서부는 RF 송수신부로부터 카드키에 대한 데이터를 전송받고, ROM과 RAM을 이용하여 카드키의 사용 이력(history)정보를 저장하며, 그에 따른 제어신호를 출력한다.<sup>[3~4]</sup>

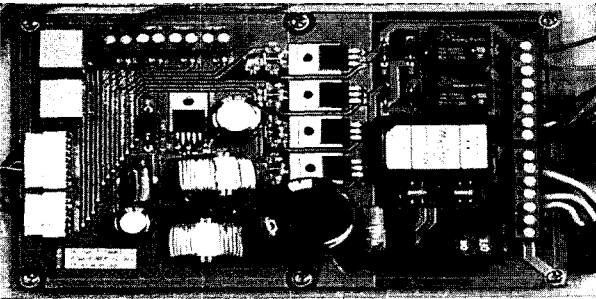
교도소 출입문 통제시스템의 경우 시스템 이상 동작에 대처하기 위한 경고장치가 특히 중요하다. 이를 위해 개폐장치의 시스템 제어상태를 외부에서 인지될 수 있도록 하기 위한 디스플레이부와 함께 출입문의 정상사용이 아닌 비정상 동작 개폐시 경고 기능을 수행할 수 있도록 경고음 및 경광등의 점멸을 위한 경고발생회로부를 구성하였다. 표 1은 125KHz와 13.56MHz대 RFID의 기능을 실험하여 비교한 것이다.

표 1. 125KHz와 13.56MHz대 RFID의 비교  
Table 1. comparison 125KHz and 13.56MHz RFID.

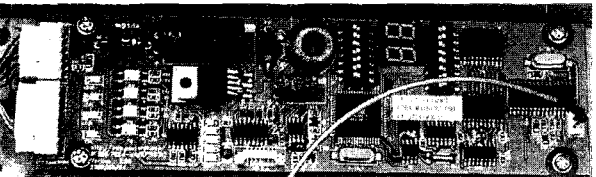
기능	카드사용 기능	양방향 잠금제어기능	온라인 네트워크	중앙 모니터링	경광등 및 경보음제어
기존시스템 (여주)	125 KHz	X	X	X	X
제안 시스템	13.56MHz	O	O	O	O



(a)



(b)



(c)

그림 7. (a) 컨트롤 센터의 내부 장치와 온라인 시스템, (b)개폐제어 보드의 외관, (c)제어장치의 main board 의 외관.

Fig. 7. (a) The inner device and on-line system, (b) The control board for the opening and shutting, (c) Main Board of control device.

#### IV. 결 론

RFID 도입 기술은 많은 응용 사례와 함께 지속적으로 개발되고 있다. 현재 자산 물류관리등 일반적인 수직적 응용(vertical application)통합 기술영역 뿐만 아니

라, 자산 추적, 보안/접근 통제, 공급망 관리 등과 같은 광범위한 수평적 응용(horizontal application) 기술의 확대로 이어지는 시기이다. 이러한 수평적 응용분야로서 특히 보안과 신뢰성이 요구되는 교도소내 출입문 관리 시스템 기술은 보안 전문화 출입통제 관리시스템이 있으며, 군부대등 특수 시설 및 빌딩 분야에 까지 확대 적용시키는 것이 가능하다. 그러나 현재 13.56MHz RFID를 이용한 온라인 통제시스템의 경우 아직도 보급의 중요성이 크게 인식되지 못하여 활성화되지 못하고 있는 등 기술개발의 초창기에 머무르고 있다.

국내의 교도소 시설에는 이러한 시스템 적용이 되지 않은 실정에 있으며, 일반적 시설과 달리 많은 제한적 환경 속에 노후화된 교도소 및 보안시설의 현대화를 앞두고 있다는 시점을 고려하여 보안성과 신뢰성의 2가지 측면을 강조한 출입문 개폐 관리 시스템을 개발하였으며, 이를 위해 온라인 통제 시스템에서 요구되는 주요 5가지 기능을 포함하여 구현하였다. 즉, 본 연구를 통해 13.56MHz 대의 RFID카드를 이용한 출입문의 개폐동작 기능, 온라인 네트워크구성을 통한 출입정보처리 기능, 온라인 네트워크 통한 출입현황의 실시간 중앙 모니터링 기능 및 비정상적 동작 상황 인지에 따른 경고 출력 기능, 감시 및 통제실에 의한 방별, 층별로 위치한 출입문에 대한 개별 또는 병렬로 동시에 개폐를 조작할 수 있도록 온라인 네트워크 시스템 구성을 위한 하드웨어와 운영 소프트웨어를 개발하였다. 특히 출입문 개폐장치의 경우 출입문과 운영자를 고려한 시스템 기술이 요구되며, 단순 출입관리가 아닌 양방향 개폐 제어기술을 이용한 보안성과 신뢰성면에서 보다 전문화된 영역의 기술로서 개발하였다.

앞으로 본 연구에서 제안한 시스템은 교도소 및 보안이 요구되는 시설물을 위한 온라인 출입문 통제시스템의 원형으로서 실용화될 수 있을 것이다.

#### 참 고 문 헌

[1] “교정시설 수용거실 출입문 반자동 개폐장치” 계획 법무부 2006,5.  
 [2] “RFID 시범사업 추진계획” 2004년 4, 한국전산원  
 [3] 차영배, “AVR 마이크로컨트롤러 ATmega128”, 다다미디어, 2008.  
 [4] 조규만, 정성갑, “ATmega128 마이크로컨트롤러”, 태영문화사, 2006.

저 자 소 개



박 승 환(정회원)  
 1984년 인하대학교 전자공학과  
 공학사  
 1990년 인하대학교 전자공학과  
 공학석사  
 1996년 인하대학교 대학원  
 전자공학과 공학박사

2008년 12월 현재 을지대학 의료공학과 교수  
 <주관심분야 : 의료공학, 신호처리, 센서응용>



구 자 일(정회원)  
 1991년 인하대학교 전자공학과  
 공학사.  
 1993년 인하대학교 전자공학과  
 공학석사.  
 1999년 인하대학교 대학원  
 전자공학과 공학박사.

2008년12월 현재 인하공업전문대학  
 디지털전자 정보과 교수  
 <주관심분야 : 로봇제어, 네트워크, 신호처리>