

## Development of Electrical Safety Monitoring System for Conventional Markets

이 상 익<sup>†</sup> · 김 기 현\* · 배 석 명\*\*  
(Sang-Ick Lee · Gi-Hyun Kim · Seok-Myung Bae)

**Abstract** - This paper in order to reduce the electric disaster damage which is caused by with electric equipment of conventional markets is introduced the electric safety monitoring system which is suitable in conventional markets. Investigate the actual conditions about electrical equipment of conventional markets, electrical safety monitoring system was constructed. Electrical safety monitoring system to verify the performance of the experiment was to build a test bed. Research results will be used with the data for the reliability security of the electric safe system operation which follows in the conventional markets actual proof equipment construction which will be advanced.

**Key Words** : Conventional Market, Monitoring System, Electrical Safety, Panelboard, Arc, Leakage Current

### 1. 서 론

재래시장은 오랫동안 우리나라 소매유통의 중추적 역할을 담당하였으나 경영규모의 영세성, 건축 구조의 복잡성, 건축물의 노후화 등으로 인하여 시장에서 화재가 발생을 하고 있다. 그중 1996년부터 2005년까지 10년간 시장에서 발생한 화재 사례를 분석해 보면 연 평균 51건 화재 및 6.4명 사상자와 28억여원의 재산 피해가 발생한 것으로 조사되었다[1]. 이러한 화재를 예방하고 재래시장 활성화를 위해 2004년 재래시장특별법이 제정된 이후로부터 사회적 비용의 투입으로 신속하고 다양한 정책지원이 전개되고 있는 실정이다[2]. 또한 재래시장은 불특정 다수인이 이용하는 장소이므로 전기적 재해가 발생하였을 경우 일관된 지휘체계를 갖는 재난대응이 불가능하고 재난발생시 사고 규모도 다른 시설에 비해 크기 때문에 별도의 재해예방대책을 수립하여야 한다. 전기의 이상에서 발생하는 전기화재는 그 징후가 비가시적으로 다른 재해에 비해 인지가 어려워 상시 감시할 필요성이 있고, 전기설비의 고장이나 열화에 의해 발생하는 사고를 예방하기 위하여 일상적인 측정방법인 절연저항, 누설전류 측정만으로는 사고예방의 어려움이 있으므로 전기재해를 사전에 예방을 위해서는 전기설비 및 부하를 감시할 수 있는 감시시스템 개발이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 재래시장의 전기설비 및 부하에서 발생하는 접촉 불량, 아크, 누전, 과부하, 전력감시 등을 종합적으로 감시하고 관리할 수 있는 재래시장에 적합한 전기안전감시시스템을 설계하고 개발하고 있다. 개발을 위하여 전국에 위치한 재래시장 중 일부 장소에 대해 실태조사를 실시하였고, 재래시장 전기설비 분석 및 전기재해 예방

을 위한 전기안전감시시스템을 구축하고, 실험을 통해 시스템 동작을 확인하였다. 본 논문은 추후 진행될 재래시장 실증설비 구축에 따른 전기안전 시스템 운영의 신뢰성 확보를 위한 자료로 사용될 것이다.

### 2. 본 론

#### 2.1 재래시장 전기화재 분석

재래시장의 화재 발생 주요 원인 분석을 위해 2006년 강원 지역 5개 재래시장 상인들에 대한 화재발생 주요 원인에 대한 설문조사 결과에 따르면 표 1과 같이 전체 응답자 중 69.6%정도가 전기에 의한 화재, 그 다음으로는 난로가 13.9%로 조사가 되었다[3].

표 1 화재 발생 주요 원인

Table. 1 Cause of fire occurrence

구분	계	전기	가스	난로	보일러	기타
응답인원	79	55	4	11	1	8
비율(%)	100	69.6	5.1	13.9	1.3	10.1

또한, 재래시장의 전기설비에 대한 현장 실태를 조사하기 위하여 전국 재래시장 1,660여개 시장 중에 각 지역별로 서울 지역 4개소, 강원지역 2개소, 부산지역 2개소, 대구지역 2개소, 광주지역 1개소, 전북지역 2개소, 경기지역 4개소 등 17개 재래시장 대해 실태조사를 분전반 분기 회로수, 화재 예방시설 등 23가지 종류에 대해 2008.1.7~1.18일에 실시를 하였다. 그중 일부 재래시장 상가에서는 그림 1과 같이 분전반을 설치하지 않고 누전차단기(ELB)나 배선용차단기(MCCB)를 노출된 합판이나 벽에 설치하여 노출된 상태로 커튼이나 옷과 같은 상품을 진열하면서 차단기와 전선을 가려놓아 차단기나 전선의 접촉부위에서 발생할 수 있는 스파크나 아크에 의한 화재위험성에 노출되어 있는 것으로 조사되었다. 그리고 상가의 화재예방 및 감시시설이 되어 있는 경우에 조사한 결과

<sup>†</sup> 교신저자, 정회원 : 전기안전연구원 선임연구원 · 공박  
E-mail: sangickl@kesco.or.kr

\* 정 회원 : 전기안전연구원 주임연구원 · 공박

\*\* 시니어회원 : 전기안전연구원 부원장

접수일자 : 2009년 10월 12일

최종완료 : 2009년 11월 13일

그림 2와 같이 열감지기가 64%로 가장 많이 사용되고 있었고, 스프링클러가 25%, 가스감지기 10%, 연기감지기 등으로 사용되고 있는 것으로 조사되었다[4].



그림 1 재래시장 차단기 설치 상태  
Fig. 1 Breaker situation at conventional markets

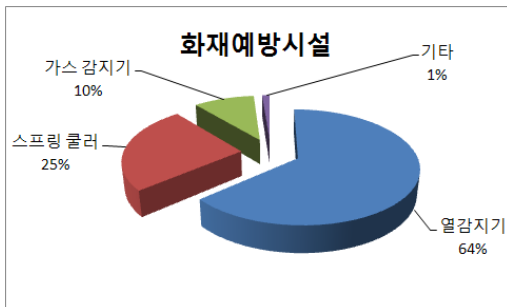


그림 2 화재 예방 및 감시 시설  
Fig. 2 Protection and monitoring equipment of fire

### 2.2 재래시장 전기안전감시시스템 개발

재래시장의 전기설비에서 발생하는 전기재해를 예방하기 위해서 현재는 정기점검을 통해 전기설비의 안전상태를 확인하고 있다. 그러나 전기설비의 경우 점검 당시의 조건이 부하설비를 포함한 모든 전기설비의 상태를 완전히 보여주지 못하고 사고의 징후가 다른 설비에 비해 비가시적이기 때문에 재해가 발생될 때까지 인지하지 못하는 경우가 대부분이다. 따라서 부하사용 조건에 따라 수시로 변화하는 상황에 대응 가능하고 이상 징후를 사전에 검출할 수 있는 상시 감시체계 시스템을 필요로 하고 있다. 따라서 재래시장의 전기 안전을 확보하기 위해서 전기를 수전 받는 수배전반에서부터 말단의 상가 분전반까지의 전기설비 상황을 감시할 수 있는 시스템을 구성하고자 한다. 수배전반의 구성요소인 고저압 주차단기 및 스위치 등의 주요 개폐기 및 차단기의 트립 상태를 파악하고 저압 분전반의 전력상태 및 트립 상태를 파악하여 원격으로 감시할 수 있도록 구성하고, 상가 분전반에서는 차단기의 개폐상태, 실시간 누설전류, 아크, 과전류, 과부하 등을 종합적으로 감시하고 관리할 수 있는 전기안전감시 시스템을 개발하고자 한다. 또한 전기재해예방을 위하여 개발되는 재래시장 전기안전감시시스템은 분전반에서 서버까지 광통신 환경으로 구축하고 분전반으로부터 수신되는 누설전류, 아크고장, 과전류 등에 의해 발생하는 데이터 정보를 자체 서버에 기록, 유지, 보관하고 실시간으로 중앙서버와 PDA와 같은 휴대장치로 분전반의 부하에서 이상이 발생한 경우

그림 3과 같이 상황전송을 하여 현장 담당자가 출동하여 관리가 가능하고 저장된 데이터는 자료로 활용할 수 있는 시스템으로 설계하였다.

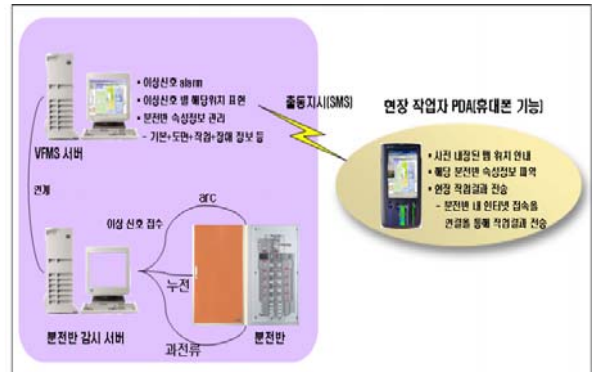


그림 3 데이터 저장 및 관리자 연계 개념도  
Fig. 3 Diagram of data storage and administrator liaison

#### 2.2.1 상가 분전반 설계

재래시장은 여러 종류의 상가들이 있고, 각 상가들마다 전기사용에 차이가 있으나 재래시장 실태조사 결과를 바탕으로 메인 차단기는 배선용 차단기로 분기 차단기는 누전차단기 5회로로 구성하는 하나의 분전반 타입과 전동기 등과 같은 동력부하를 사용하는 상가를 대상으로 분기차단기를 배선용 차단기 2회로, 누전차단기 5회로로 구성하는 분전반 2가지 타입으로 분전반 기본 구조를 설계하였으며, 분전반 부하에서 발생하는 과전류, 아크, 누설전류 등을 감시하고 관리할 수 있도록 그림 4와 같이 차단기부와 제어부로 구분하여 제어부에는 메인제어보드, 아크보드, 통신보드, LCD보드 등으로 구성하였다.

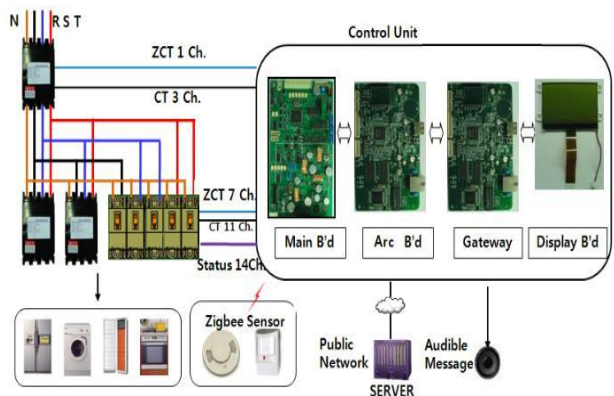


그림 4 상가 분전반 구성도  
Fig. 4 Diagram of low voltage panelboard

분전반 메인제어보드의 기본기능은 누설전류, 과전류, 전력연산, 경보 알람 등으로 구성하였다. 각 분기 차단기 부하에서 발생하는 과전류와 아크, 누설전류 등의 데이터 연산과 분기 차단기의 On/Off 상태를 Serial 통신을 이용하여 통신보드를 통해 상위 서버로 전송하는 기능을 담당하도록 하였다. 메인 제어보드는 분전반 차단기에서 누설전류 검출을 위한

ZCT로부터 전류신호를 받고, 과전류 검출을 위한 CT에서 전류신호와 전압 센서로부터 전압신호를 받아 누설전류, 과전류, 전력량 등을 연산할 수 있는 메인 컨트롤러는 MC9S12X D256CAL을 사용하여 데이터를 연산하여 처리하도록 하였으며, 통신은 보드들간의 RS232통신, 서버와 통신할 수 있는 Ethernet포트, 전압값 입력을 위한 PT, 차단기의 전류값 입력을 위한 CT, 차단기의 누설전류값 입력을 위한 ZCT, 분기 차단기의 아크 정보 입력을 위한 입력채널과 제어보드에 필요한 전원 등과 관련된 메인제어보드의 입출력 사양을 표 2에 나타내었다.

표 2 메인제어보드 입출력 사양  
Table. 2 Main control board specification

구분	개수	사양
통신	Ethernet	1 TCP/IP
	RS232/CAN	3 250KBPS
Analog Input	PT	3 AC 0 ~ 350V
	CT	14 AC 0 ~ 50A
	ZCT	8 AC 0 ~ 40mA
Digital Input	아크정보	5 ON/OFF
	Digital Input	16 ON/OFF
Digital Output	LCD	- Control
	LED	3 ON/OFF
Power Output	Trip	5 ON/OFF
	Relay	2 ON/OFF
	Speaker	1 ON/OFF
Power	+12V	1 Max 250mA
	+5V	1 Max 2.0A
	-5V	1 Max 0.8A

또한 분기차단기 센서에서 입력되는 전압, 전류신호들은 메인제어보드로 전송됨과 동시에 아크를 분석할 수 있는 아크보드로 신호를 전송하여 아크의 위험유무를 판단하여 분기 차단기 트립신호를 메인제어보드로 전송하도록 그림 5와 같이 설계하였다. 재래시장용 분전반의 통신보드는 메인제어보드와 아크보드의 데이터를 Serial로 받아서 상위 서버로 전송하기 위하여 출력은 Ethernet방식으로 변환하여 서버로 전송하는 기능과 Zigbee기반의 외부 센서인 침입감지나 화재센서

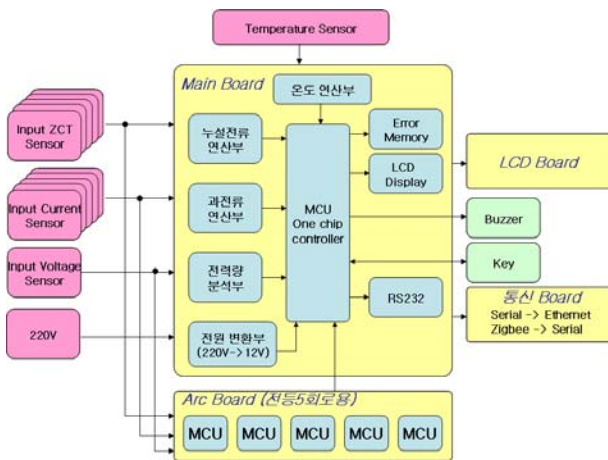


그림 5 메인제어보드 구성도  
Fig. 5 Block diagram of main control board

로부터 데이터를 받아 Serial로 변환하여 메인제어보드로 전달하는 기능을 갖도록 설계하였다. 이와 같이 제작된 전기안전감시시스템 분전반 내에 설치된 차단기들로부터 연결된 부하설비에 대해서 아크검출, 누전검출, 침입감지, 연기감지, 전력계측 등을 각종 유무선 센서를 통해 저압 분전반에 연결된 부하설비 등에 대한 시스템을 그림 6과 같이 구성하였다. 개발되는 재래시장 전기안전감시시스템은 광통신 USN 환경으로 구축하고 분전반으로부터 수신되는 정보를 자체 서버에 기록, 유지, 보관하고 실시간으로 중앙서버와 휴대용 단말장치에 전송이 가능하고, 자료를 활용할 수 있는 시스템으로 개발하고 있다.

전기안전감시시스템은 누설전류, 아크고장, 과전류 등에 의해 발생하는 신호들을 수집하여 분전반의 제어회로에서 이를 일괄 분석하여 전기화재 징후를 파악하여 그림 7과 같이 상가 분전반 내 통신보드 Ethernet 통신으로 광멀티플렉스를 통해 로컬서버와 메인서버로 전송이 된다. 또한 이상 징후인 이벤트가 발생하게 되면 휴대용 단말장치로 전송이 되어 현장 담당자가 출동하여 전기화재를 예방할 수 있도록 체계적인 네트워크가 구성되도록 하였다.

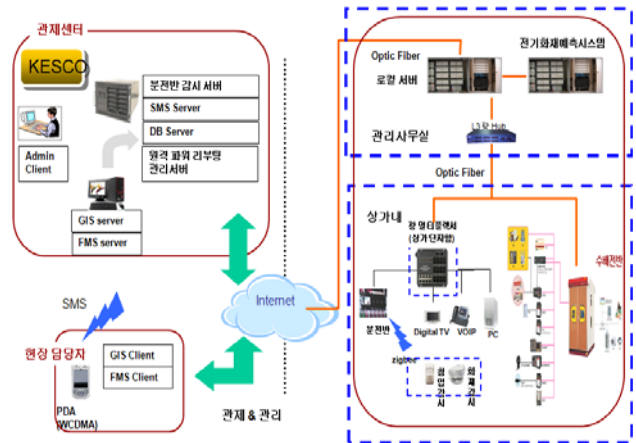


그림 6 재래시장 전기안전감시시스템 구성도  
Fig. 6 Electric safety monitoring system of conventional markets



그림 7 서버 및 상가 분전반 설치 구성  
Fig. 7 Sever and low voltage panelboard of store

### 2.2.2 아크 발생 실험

재래시장 전기안전감시시스템의 상가 분전반에 에어컨, 전등 부하, 전열 부하 등 실제적으로 사용되고 있는 부하로 구성하여 실제 부하를 정상적으로 작동 시키면서 부하에서 발생하는 과부하, 누설전류, 아크고장 시에 메인제어보드에서 각 실험 부분의 Data 인식 및 이 부분에 대해 차단기 정상

작동과 동시에 서버에 event data 송신 및 고장 부분 확인과 전체 전기안전감시시스템 구성이 정상적으로 작동하는 것에 대하여 확인하였다. 그림 8과 같이 전등 부하를 자기식 안정기와 전자식안정기 두 가지 종류의 안정기를 사용한 형광등 부하를 인가 한 상태에서 아크 발생시에 분기 차단기 On/Off 상태 확인과 아크신호에 대한 메인제어보드에서의 인식 및 LCD 보드에 아크 발생 확인 표시가 나타나는 지를 확인 하였다. 또한 직렬아크발생기를 이용하여 직렬아크를 발생시켰을 경우 그림 9와 같은 아크파형과 차단기 트립파형을 검출하였고, 그림 10에서처럼 아크고장이 발생한 분기 차단기의 상태 데이터가 메인제어보드와 통신보드를 거쳐 서버에서 아크 고장이 발생한 분기 차단기의 정보표시가 서버화면에서 기록 표시되는 것을 확인하였다.

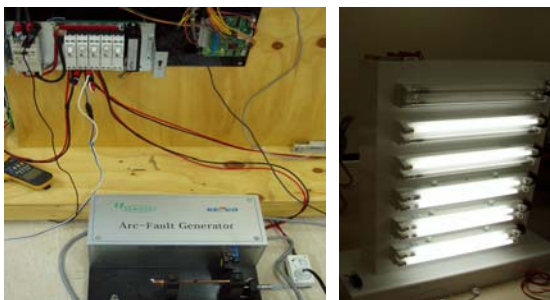


그림 8 아크 시험 구성 및 전등 부하  
Fig. 8 Arc test system and lighting load

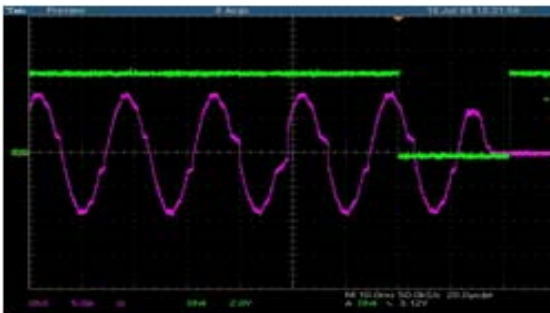


그림 9 아크 전류 파형 및 트립 파형 측정  
Fig. 9 Measurement of arc current wave

### 2.2.3 누전 발생 실험

상가 분전반 부하에서 누전이 발생한 경우 누전차단기의 동작과 동작상태의 데이터가 감시시스템의 서버에 정확하게 전달되는 것을 확인하기 위하여 그림 11에서처럼 상가 모의 분전반 30mA ELB 분기 차단기에 누전 발생기를 연결하여 누전을 발생시켜 누전차단기의 동작상태와 차단기의 On/Off 상태 확인과 누설전류의 데이터가 메인보드와 통신보드를 통해 전달되고 LCD 보드에 누전 발생 확인 표시가 나타나는 지를 확인 하였다. 누전발생장치에서 누전 전류 증가시에 누전차단기 누설전류 검출 용량에 설정된 누전 전류에 도달하면 누전차단기가 작동이 되고 이에 대한 정보가 통신보드를 통하여 그림 12에서처럼 서버 web 화면 구성에 표시 되는 지를 실험을 통해 확인 하였다.

순번	구분	경보발생일시	경보내용
1	분전반 2	2009/07/10 12:40:25	ARC3 발생-S11002.
2	분전반 2	2009/07/10 12:47:52	ARC3 발생-S11002.
3	분전반 2	2009/07/10 12:47:54	ARC3 발생-S11002.
4	분전반 2	2009/07/10 11:54:15	ARC3 발생-S11002.
5	분전반 2	2009/07/10 11:53:03	ARC3 발생-S11002.
6	분전반 2	2009/07/10 11:51:50	ARC3 발생-S11002.

그림 10 서버에서 아크 발생 정보  
Fig. 10 Arc generating information at server



그림 11 누전 발생 실험 구성  
Fig. 11 Test system of leakage current generation

순번	구분	경보발생일시	경보내용
16	분전반 2	2009/07/09 16:16:33	누전1 발생-118-S11002.
17	분전반 2	2009/07/09 16:42:12	ARC2 발생-S11002.
18	분전반 2	2009/07/07 16:48:11	ARC3 발생-S11002.
19	분전반 2	2009/07/07 16:47:23	ARC3 발생-S11002.
20	분전반 2	2009/07/07 16:46:19	ARC2 발생-S11002.
21	분전반 2	2009/07/07 16:45:25	ARC2 발생-S11002.
22	분전반 2	2009/07/07 16:30:47	ARC2 발생-S11002.

그림 12 서버에서 누전 발생 정보  
Fig. 12 Leakage current generating information at server

### 2.2.4 과부하 발생 실험

상가 분전반의 20A, 5kA 분기 차단기에 그림 13과 같이 과부하 발생기를 이용하여 과부하를 발생시켜 분기 차단기의



그림 13 과부하 발생 실험 구성  
Fig. 13 Test system of over load generation

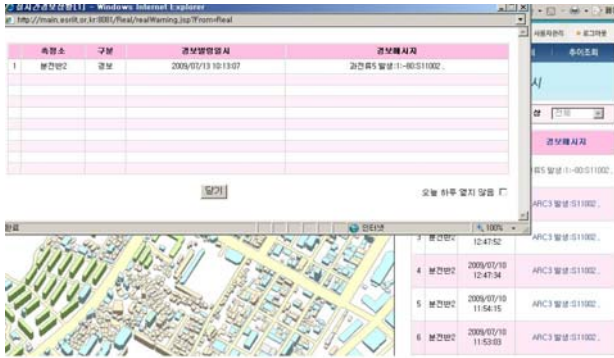


그림 14 서버에서 과부하 발생 정보  
Fig. 14 Over load generating information at server

On/Off상태 확인과 과부하에 대한 메인보드 데이터 전달 및 LCD 보드에 과부하 발생 확인 표시가 나타나는 지를 확인 하였다. 그림 14에서처럼 과부하 발생 시간 및 발생 분기 차단기 표시가 서버 web 화면에 팝업 창 표시 및 event 화면에 과부하에 대한 정보 표시가 되는지를 확인하고 과부하 정도에 따른 메인제어보드의 전류 측정 값이 서버로 전송되는 것을 확인 하였다.

### 3. 결 론

전기제해에 취약한 재래시장의 전기화재 및 감전 사고를 미연에 방지하기 위한 전기안전감시시스템은 광통신을 활용하고 유비쿼터스 센서 네트워크 환경을 구축하고 수배전반, 분전반 등으로부터 수신되는 전기설비 관련 자료, 과부하, 누설전류, 아크 등 전기안전 정보를 로컬서버에 기록, 유지, 보관하고 실시간으로 중앙서버와 PDA로 전송이 가능하며 자료를 분석할 수 있도록 제어네트워크 기술을 활용하여 전기안전감시시스템을 설계하였다. 또한 전기안전감시시스템의 안전성과 신뢰성을 검토하기 위해 전기설비에서 발생하는 누설전류, 아크고장, 과전류 등에 의해 발생하는 다양한 신호들을 실험을 통하여 운영상에 문제점 부분과 추후 개선 사항에 대하여 검토를 하였다. 본 논문은 추후 재래시장 실증 부하 설비 구축 및 안전성 평가를 위한 기초 자료로 사용 되고, 유무선 센서를 활용하는 네트워크기술을 활용하여 개발하게 되므로 수전부터 말단 부하까지 전기제해 위험성을 감시하게 되어 전기제해 예방효과가 클 것으로 사료 된다. 추후에 각 전기안전 보호 요소의 오동작, 크기, 단기 등에 대한 부분을 추가적으로 검토해야 할 것으로 판단된다. 또한 전기제해 이상 징후인 이벤트 발생 시 정보를 간편하게 확인 할 수 있는 PDA 개발 등도 추가적으로 연구가 진행 되어야 할 것이다.

### 감사의 글

본 연구는 전력산업기반기금 전력연구개발사업 연구비 지원으로 수행되었습니다.

### 참 고 문 헌

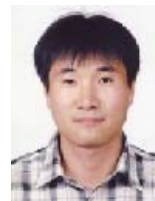
- [1] 김홍식, 화재사례를 통하여 고찰한 재래시장 소방안전에 관한 연구, 석사학위논문, 서울시립대학교, 2006.8
- [2] 임실근, 재래시장 개선과 지역 경제 살리기, 용인송담대학교, 2007.
- [3] 김국일, 재래시장 시설의 안전관리 및 개선 방안, 석사학위 논문, 경일대학교, 2007. 8
- [4] 이상익 외 3명, “재래시장 전기설비 실태조사 분석”, 전기학회논문지 57P권 2호, 2008. 6, pp. 186-191
- [5] 김장주, ‘광통신 시스템 공학’, 진한 도서, 2004. 02.

### 저 자 소 개



#### 이 상 익 (李 尙 益)

1968년 12월 9일생. 1994년 호서대학교 전기공학과 졸업. 1996년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2007년 건국대학교 전기공학과 졸업(박사). 1996년~현재 전기안전연구원 선임연구원  
Tel : 031-580-3053  
Fax : 031-580-3111  
E-mail : sangickl@kesco.or.kr



#### 김 기 현 (金 基 鉉)

1971년 5월 1일생. 1997년 숭실대학교 전기공학과 졸업. 2000년 8월 동 대학원 졸업(석사). 2008년 2월 동 대학원 졸업(박사). 2000. 6~2003. 6 전기연구원 재직. 2006년 전기안전기술사 취득. 2003. 7~현재 전기안전연구원 주임연구원  
Tel : 031-580-3057  
Fax : 031-580-3111  
E-mail : ghkim7151@kesco.or.kr



#### 배 석 명 (裵 錫 銘)

1956년 10월 22일생. 1984년 창원기능대학교 전기기기과 졸업. 1981~1997년 한국전기안전공사 재직. 1997년~현재 전기안전연구원 부원장  
Tel : 031-580-3050  
Fax : 031-580-3111  
E-mail : sukmyong@hanmir.com