

수용가 저압 전기설비의 원격 감시시스템 및 아크차단 장치 활성화 방안에 관한 연구

(A study Improvement Direction for Arc Interruption Equipment and On-line Monitoring System of Consumer Low Voltage Facilities)

김기현* · 박지현 · 임용배 · 최명일 · 배석명

(Gi-Hyun Kim · Chee-Hyun Park · Young-Bai Lim · Myeong-Il Choi · Suk-Myong Bae)

요 약

국내 및 국외에서도 마찬가지로 전기설비 안전점검에 대한 부분이 발전된 정보통신 기술(IT: Information Technology)에 접목 시켜 실시간으로 서비스를 제공하는 추세에 있다. 전기설비와 관련된 전기안전 부가서비스의 활성화를 위한 방향과 새로운 고부가 비즈니스 사업 창출을 위해서 어떤 부분에서 개선 및 추가되어야 할 부분인지에 대하여 본 논문에서 조사하였다. 따라서 전력 부가 서비스의 활성화 방향에 대하여 실시간 원격 감시 시스템의 활성화 부분과 아크 차단기 도입의 필요성 및 관련 법 부분에 대해 조사 분석하였다.

Abstract

Domestic and foreign follows the trend which is that safety checkup of electrical facilities is serviced by on-line system with joining information technology. This paper research improvement of what kind of system and law for market environment of electric power value added service. For improvement of market environment of electric power value added service, this paper researches improvement of on-line monitoring system and necessity of arc interruption and revision of arc related law.

Key Words : On-line system, Monitoring, Arc Interruption, Electric power value added service

1. 서 론

국내의 정보 통신 기술의 발전과 함께 일반 수용가에서 사용하고 있는 각종 전기 설비에 대한 전기

안전 및 화재, 방범 및 기타 부가 서비스에 대한 활용을 동시에 실시간으로 이용하고자 하는 추세에 있다. 따라서 이런 전기안전 분야와 IT 기술을 접목한 제품들의 시장 활성화를 위해서는 어떤 부분에서 제도 및 법안이 개선되어야 할 것인가에 대한 조사 필요하다. 또한 그에 따른 제도 개선 및 관련 법 개정 부분이 진행되어야 할 것으로 판단된다. 따라서 이를 제시하기 위해 본 논문에서는 국내외의 사례 등을 통해 실시간 전기설비 감시시스템 운영 및 관련

* 주저자 : 전기안전연구원 연구원
Tel : 031-580-3057, Fax : 031-580-3052
E-mail : ghkim7151@kesco.or.kr
접수일자 : 2007년 8월 8일
1차심사 : 2007년 8월 16일
심사완료 : 2007년 8월 27일

법 개정 부분과 제품 개발 현황 등에 대한 시장실태 조사를 하였으며, 이를 분석하였다. 또한 국내 전기 화재 점유율 감소를 위한 아크를 차단 할 수 있는 장치의 필요성 및 관련 법 및 인증 제도에 대한 조사 분석하였다. 이 부분은 전력 IT 과제를 통해 개발된 제품의 신뢰성 검증 및 그로인한 시장 활성화를 위한 제도 개선 자료로 사용될 것으로 사료된다.

2. 전기화재 및 아크 차단 관련 제도 및 법 분석

2.1 국내 전기화재 분석

2005년도 한국전기안전공사에서 분석한 전기화재 현황을 보면 총 화재 32,340건 중 전기화재 건수는 8,554건으로 전기화재 점유율은 26.5[%]를 차지하고 있다. 이 수치는 2004년 전기화재 점유율 27.1[%]에 비해 낮은 수치이지만 일본 12.1[%](2003), 미국의 전기기기 발화를 13.7[%](2001)에 비해 2배 이상의 높은 수치이다. 표 1은 2005년도 전기 화재 원인별 발생 건수를 나타내는 수치이다. 이 부분에서 단락(합선), 과부하, 누전이 전체 전기화재의 78.9[%]를 차지하고 있다[1]. 이 부분을 원격 전기설비 감시 시스템에 의해 사전 예방이 가능하다면 많은 부분에서 전기화재의 점유율을 줄일 수 있을 것으로 사료된다.

표 1. 전기화재 원인별 분포(2005)
Table 1. Distribution by the cause of electrical fire(2005)

구분	단락 (합선)	과부하	누전	접촉 불량	기기 과열	기타	원인 불명	계
건수	5,534	755	391	378	1,304	172	20	8,554
(%)	(64.6)	(9.4)	(4.9)	(4.7)	(16.3)	(2.2)	(0.3)	(100)

전기화재 원인별 분포를 조사해 보면 주택/아파트에서 2,912(34[%])건으로 가장 많이 화재가 발생을 하였고, 다중이용 시설에서 2,114(24.7[%])건이 발생한 것으로 조사되었다[2]. 전기화재를 줄이기 위해서는 주택/아파트와 다중이용 시설에 대한 관리를 철저히 한다면 전기화재 점유율을 크게 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

2.2 일반 주택용 전력 부가 서비스 역할

현행의 전기분전반의 특징은 주 차단기에 의한 과전류 및 누전 전류에 대한 보호 동작 기능을 가지고 있다. 따라서 누전차단기에서 과전류 및 누전 전류의 설정 값 이상을 감지하면 전원이 차단되어 주택 전체가 정전이 되는 문제점을 갖고 있다. 따라서 이런 부분의 개선을 위해 전기설비의 안전적 점검과 가전기기 및 전등의 자동 제어 및 화재, 방범등의 부가 서비스를 동시에 제공할 수 있는 시스템 구축이 필요하게 되었다. 그림 1에서 보는 것처럼 새로운 전기포탈서비스 H-SCP(Home Smart Cabinet Panel)의 특징은 분기 차단기에 의한 과전류, 누전 전류 및 아크(스파크)에 대한 보호 동작 기능, 전등, 콘센트 회로별로 과전류, 누전 전류 및 아크(스파크)를 감지하여 1차 경보(설정 값의 50[%]), 2차 경보(설정 값의 80[%]), 3차 차단(설정 값의 100[%])으로 구분하여 전기 안전 전문 기관에서 원격으로 실시간 감시를 실시하는 특징을 가지고 있다[2].

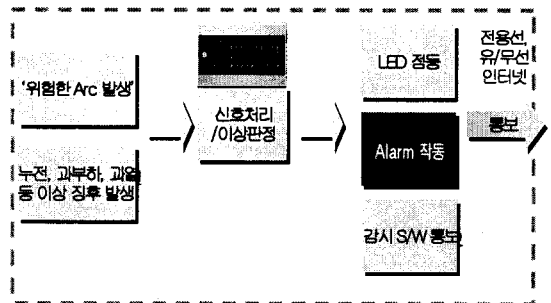


그림 1. H-SCP 원격감시 시스템
Fig. 1. On-Line monitoring system of H-SCP

원격 감시 도중 과전류, 누전 전류 및 아크에 대한 경보가 발생되면 분석하여 오동작은 임시조치를, 전기 재해가 가능한 정보이면 거주자에게 사전에 통보하고, 공사 업체를 연결하여 개수하도록 조치하여, 전기 재해를 사전에 예방하기 위한 시스템이다.

그림 2는 전기안전 서비스 이외에 수용가에 부가적으로 실시간 제공할 수 있는 전력 부가서비스로 전등 제어, 가전기기 제어, 가스밸브제어기, 방범 및 화재 검출 시 자동으로 수용가 및 관련 기관에 연락

하는 서비스를 제공할 수 있도록 진행을 하고 있다. 전기안전 및 부가 서비스를 제공 받고 있는 수용가에 대한 실시간 점검 및 이상 발생시 수용가에게 관련 정보 전송 및 긴급 출동하는 안전 시스템을 구축하기 위함이다.

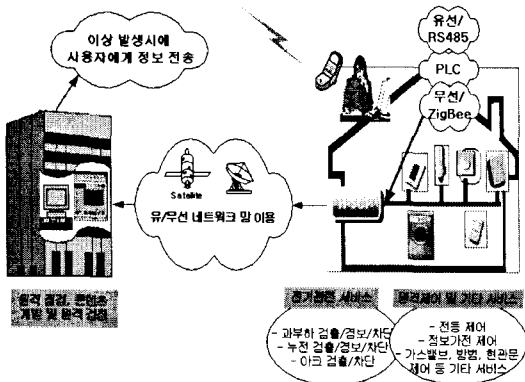


그림 2. 수용가 전력 부가 서비스 시스템
Fig. 2. Electric power value added service system

2.3 Arc 차단기의 필요성 및 관련 법

2.3.1 Arc 차단기 필요성

국내에서의 경우, 전기화재의 예방을 위해 스파크 정보장치가 개발된 바 있다. 이 장치는 분전반 부하 측에 설치하여, 스파크 발생 시 통신선로를 통해 경보를 통보하는 방식으로 이상상태 판단 시 표시램프를 작동하거나 점접 형태의 출력을 제공하도록 되어 있다. 이는 스파크 감시기능을 가지고 있지만, 전기설비의 열화에 의해 발생하는 부분방전 신호와 누설전류, 절연저항 등의 감시 및 종합분석기능은 갖추지 못한 상태로 다중이용시설 전기사고 예방을 위한 전기 안전 통합감시시스템으로의 적용에는 한계가 있다. 화재에 의한 인명 및 건물의 피해를 사전에 예방하기 위한 현재의 누전차단기는 부하 측에서 발생하는 일정수준의 누전에 대해서만 감지하는 반면, 아크검출 차단하는 데에는 상당한 기술적 수준이 요구되므로, 적극적 투자로 적정수준의 기술이 개발될 경우 시장의 선도적 역할이 가능할 것으로 판단된다. 따라서 전기화재의 원인인 아크 발생에 대한 예방대

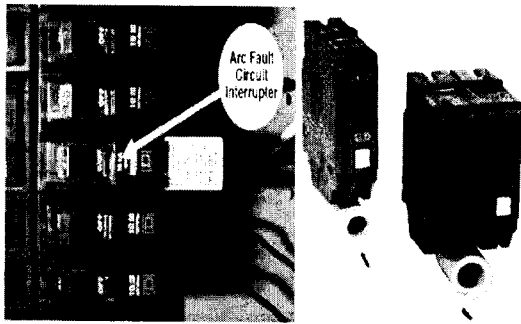
책이 필요하지만, 관련법에 규정되어 있는 저압전기설비에 대한 보호설비는 누설전류와 과전류 등으로 한정되어 있으나 아크로 발생할 수 있는 부분에 대해서는 지금 국내 설비 및 관련법으로는 보호할 수 없는 한계가 있다. 따라서 이에 대한 보호 장치 및 관련 법 제정이 필요하다고 판단된다. 본 논문 2.1절에서 설명한 것처럼 2005년도 국내 전기화재 원인별 분포를 확인해 보면 단락(합선) 64.6[%], 과부하 9.4[%], 누전 4.9[%], 기기과열 16.3[%]로 조사가 되어 있다. 따라서 기존의 배선용 차단기, 누전 차단기의 보호 범위 부분 이외의 아크로 인한 화재를 예방하기 위해 제품 개발[4] 및 관련 법 개정이 필요하다고 판단된다.

2.3.2 아크 차단기의 필요성 및 국내외 제도 조사

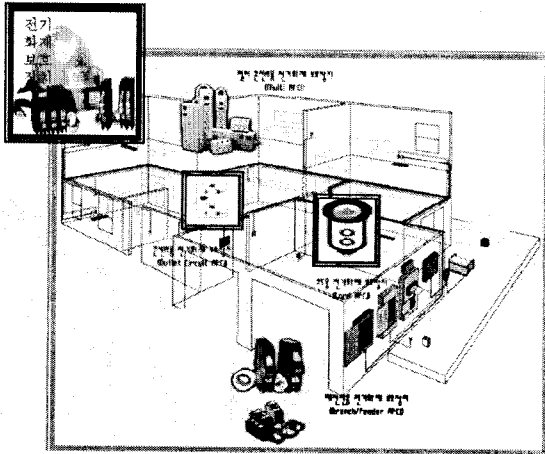
미국의 아크검출 차단장치 설치에 대한 법제화 준비작업은 1994년부터 조사에 착수하여 UL “아크, 스파크 관련 기준”이 1999년 2월 처음으로 발간되어, 아크, 스파크에 관련된 설계기술과 사용자 측면의 기준을 제시하였다. 한편 National Electric Code (NEC) 역시 아크, 스파크에 관련된 최소한의 방침을 제시하였다. 1999년도에 제시된 NEC210-12는 주거설비의 침실에 해당되는 회로에 대해서는 2002년 1월을 기준으로 신설 주택의 경우 모두 아크고장 검출 차단 장치를 설치하도록 하였고[10], 각 지방정부는 실정에 맞게 적당하게 적용하였으며, US Fire Administration은 전국 소방서장 협회의 아크검출 차단장치(AFCI: Arc fault circuit interrupter) 설치를 장려하기 위한 기금 지원을 결정하는 등, 안전을 위한 아크검출 차단장치 설치 확대를 정부차원에서 이루어지고 있다.

그림 3에서처럼 멀티콘센트형 AFCI로 여러 부하를 동시에 사용할 수 있으며, 어느 하나의 부하라도 아크가 발생할 경우 Trip을 하므로 전기화재를 미연에 방지하는 역할이 있다. 매립 콘센트용(Outlet Circuit) AFCI는 벽면에 설치된 케이블은 열적인 열화, 노후, 습기, 쥐와 같은 동물 등에 의한 절연물 파괴 등 원인으로 발생하는 아크 전기화재를 방지하는 역할을 가지고 있다. 코드용 전기화재(Cord)

AFCI의 경우 특별히 화재에 요구되는 전기제품의 전원코드로 사용하므로 전기제품 보호와 전기화재 방지에 효율적 역할을 하고 있고, 2004년 8월 1일 이후, Air-conditioner 업체에서는 Room Air Conditioner 및 Packaged Terminal Air Conditioner 제품 중 power cord가 장착되어 판매되는 제품은 아크(Arc) 발생시 회로를 차단시키는 장치인 AFCI를 제품 출하 전 의무적으로 장착하도록 규정을 하고 있다. 배전선용(Branch/Feeder) AFCI는 각 가정이나 사무실 등 인입부에 설치되어 전체적인 아크 발생에 대한 전로를 자동으로 차단해주는 장치로 사용되고 있다.



(a) 미국에서 사용 중인 배선용 AFCI



(b) 장소 별 사용되는 AFCI

그림 3. AFCI 종류 및 사용 위치
Fig. 3. Using position and kind of AFCI

3. 국외 전기설비 감시시스템 현황

3.1 일본 실시간 원격 감시시스템 활용 부분

일본의 M사에서는 저압 전기설비의 경우 그림 4에서처럼 변압기 2차 측에서 설비의 운전에 영향을 미치지 않고 24시간 연속해서 설비를 감시할 수 있는 시스템을 구성하여 전기설비의 절연을 감시하고 있다[3]. 이런 실시간 절연 감시 시스템을 구성하여 설비를 감시하는 경우에는 “1개월마다 전기설비의 순시점검을 하지 않으면 안 된다”라는 의무사항이지만, 절연 감시 장치를 설치하면 “2~3개월에 1회의 순시점검으로 가능”하도록 하는 인센티브를 주고 있다. 즉 수용가 점검 수수료 비용 절감에 대한 효과를 주고 있다. 또한 전기 점검업자가 여러 설비를 점검할 수 있는 개 소당 가중치를 1점에서 0.7점으로 감소하는 인센티브를 주고 있다.

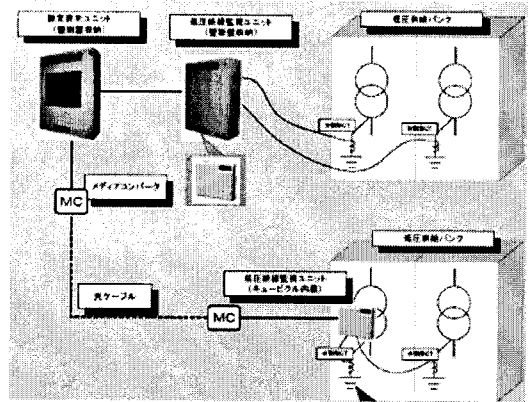


그림 4. Igr 측정에 의한 절연 감시 시스템
Fig. 4. Insulation monitoring system by Igr measurement

또한 “저압 전로의 절연저항을 1년에 1회의 비율로 측정하지 않으면 안 된다”라는 의무사항이 있지만 절연 감시 장치로 상시 누설전류를 모니터링하는 것이 가능하면 결과적으로 절연저항측정을 생략할 수 있게 되었다. 따라서 대규모의 공장이나 대형 상업 빌딩 등에서는 절연저항측정을 생략하는 것의 효과가 크고 1년마다의 점검비용이 수백 만 엔에서 천

만 엔 정도 절감되는 효과가 있는 것으로 조사되었다.

측정 방법으로는 저항 분 전류, 즉 Igr를 측정하여 설비의 절연을 감시하는 시스템으로 그림 5와 같이 극성과 전압위상 기억 방식을 이용하여 측정을 하는 시스템이다. Ico는 대지 충전 전류를 나타낸다. 따라서 저압회로의 접지선전류를 검출하기 위한 ZCT입력 채널과 대지전압(VL)을 검출하는 방식으로 저항성분의 누전 전류를 측정하여 설비의 절연을 감시하는 시스템을 이용하고 있다. 국내에서도 실시간 원격 감시에 대하여 수용가 및 점검 자에 관한 인센티브 제도에 대한 검토가 필요하다고 판단된다. 따라서 용량 별로 점검 주기 및 실시간 점검 시스템에서의 점검자의 점검 처리 가점에 대하여 관련 법 개정이 필요하다고 판단된다.

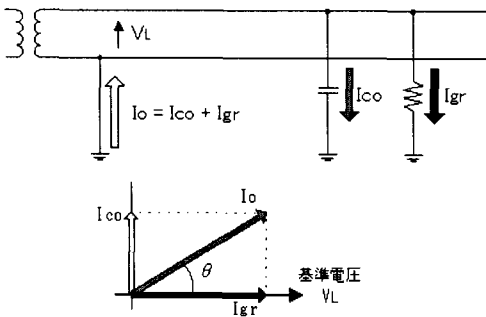


그림 5. Igr 측정 및 연산 방법
Fig. 5. Calculation method of Igr measurement

그림 6은 일본전기보안협회의 전기 설비 감시시스템의 흐름도를 나타낸다. 누전 등의 이상 징후가 발생하면 DoPa망(무선통신)을 이용하여 협회의 집중 감시수신센터로 신호가 전달되고 LAN을 이용하여 각 지역의 기술센터, 수용가의 휴대전화, 컴퓨터 등으로 정보 및 전송하여 원인조사를 수행한다[7]. 판서전기보안협회에서 제공하는 전기설비 상시감시 시스템은 다음과 같다.

그림 7에 저압상시 감시시스템을 나타낸다. 이 시스템은 1988년부터 서비스를 제공하고 있는 것으로, 저압전기설비에 있어서 설정치를 초과하는 누전(누설전류)을 검출하면 보안협회의 감시센서에 자동적으로 통보한다. 통보 수신 후, 협회기술원으로부터

수용가에 현상확인 전화로 걸고, 현장에 출동해서 원인조사를 하는 등의 대응을 한다. 저압상시 감시 시스템이라는 것은 24시간 365일, 절연상태의 감시, 이상발생의 통보, 원인조사까지를 일괄해서 수행하는 것을 말한다.

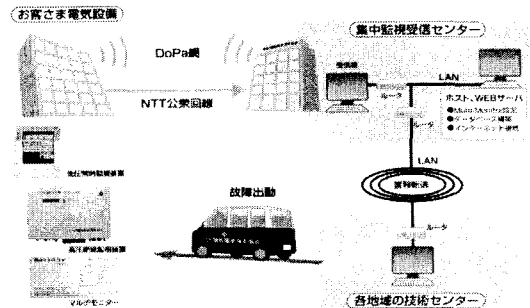


그림 6. 일본 전기보안협회의 전기설비 감시시스템
Fig. 6. The on-line monitoring system of electrical facilities in KSDH Japan

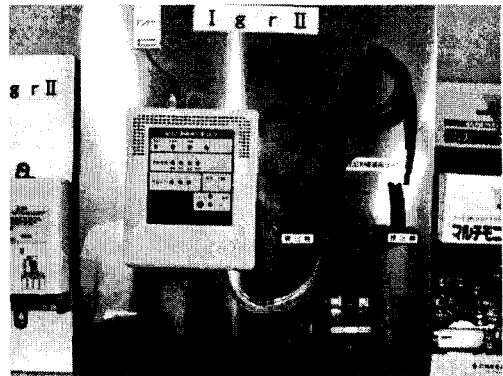


그림 7. 저압 상시감시 시스템
Fig. 7. The on-line monitoring system at low voltage

그림 8에 일본 M 전기에서 개발한 홈 분전반과 이를 이용한 부가서비스 흐름도를 나타낸다. 일본 M 전기에서 개발한 홈 분전반은 전기 공급뿐만 아니라, 지진경보 등 부가적인 서비스 기능으로 설계되었다. 분전반은 전력회사로부터의 전력 공급 외에 태양광 발전, 가스발전 등을 이용할 수 있는 차단기가 별도로 설치되어 주 전력과 별도전력을 혼용하여 사용할 수 있다. 이 홈 분전반 및 분기차단기의 크기는 기존 일반 분전반 대비 1/2 정도 작게 만들었으며, 기능은

수용가 저압 전기설비의 원격 감시시스템 및 아크차단 장치 활성화 방안에 관한 연구

2배로, 공간은 1/2로 축소하였다. 또한 홈 분전반에 게이트웨이(통신설비)를 설치하여 조명제어, 보안(Security), 현관 인터폰 기능 등을 일본 M 본사에서 직접 제어한다.

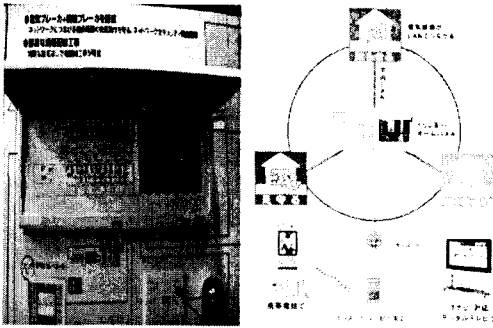


그림 8. 홈 분전반과 부가서비스 네트워크
Fig. 8. The home smart cabinet panel and value added service network

3.2 미국 빌딩 군 관리 서비스

애설론에서는 애설론 본사의 빌딩 관리 시스템에서도 전력선 통신을 이용하여 빌딩 전체의 조명, 냉·난방 제어, 기타 등의 제어 기술이 혼합되어 빌딩을 관리하며, 이는 샌프란시스코에 있는 K사라는 회사에서 빌딩 군 관리 서비스를 제공하고 있다. 미국의 K사에서는 건설, 제어관리의 빌딩 관리 전문업체로서 기존 빌딩자동화시스템(BAS)에서 업그레이드한 것으로 의뢰회사들의 인터넷상에서 접속하여 빌딩제어를 한눈에 볼 수 있게 서비스를 제공하고 있다.

이 회사에서는 3가지의 주요서버를 제공하는데, 빌딩관리에 대한 자료, 보안포탈서비스, 빌딩 management system으로 이는 구축된 BAS에서 간단한 보안등의 서비스를 제공한다. 또한 에너지 management에서는 meter상으로 문자서비스를 해주는 서비스를 제공하고 있다.

K사의 BOC 시스템 소개 및 데모를 살펴보면, Building Operation Control(BOC)는 건물, 주택, 임대건물, 캠퍼스 등 다양한 건물 관리를 해주며, 주요 서비스는 기존 건물에서는 에너지 관리, 시큐리티(security) 포털 제공하며, 신축 건물에서는 에너지

관리, 시큐리티 포털 제공, 빌딩 관리를 제공한다. 서비스의 기능은 문서기록접근(Document access), 수용가 인터페이스(Tenant Interface), 현장상태 파악(Site Status), 전력평균분배(Load Shedding)의 역할이 가능하다. 이런 BOC 시스템의 요구사항은 Flexible Open Platform, Web application server, Database Integration, IP Network Interface, BAS Integration등 고객들이 원하는 것에 맞춰 맞춤서비스가 가능하도록 하였다. 이를 많이 요구하는 사용자들은(Users) 관리회사, 수용가, 빌딩 엔지니어, 건물주(특히 건물주는 외국에 있을 경우 원격으로 감시가 가능) 등이었다.

그림 9는 최근에 BAS와 IT를 접목하여 빌딩운영 제어시스템(BOC)를 개발하여 빌딩 군관리 효과적으로 운영하고 있는 시스템을 표시한 그림이다.

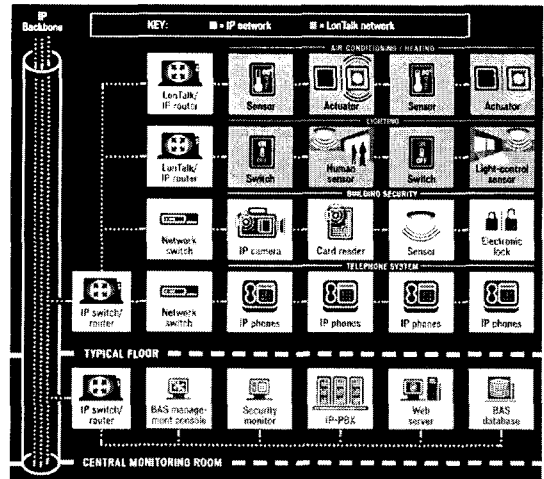


그림 9. 빌딩운영 시스템
Fig. 9. BOC (Building Operation Control) system

3.3 유럽 전기설비 원격감시 시스템

노르웨이 오슬로시에서 교통량과 주변 환경에 따라 가로등 밝기를 조절함으로써 에너지 절감뿐만 아니라 환경 친화적인 등기구 사용으로 환경 오염 감소의 효과를 나타내고 있다. 등주와 판넬간은 LonWorks전력선 통신을 이용하여 전등 밝기 조절, 설비 이상유무 등의 정보를 판넬의 게이트웨이와 중앙 센터로 전화선, RF, Fiber와 같은 다양한 통신 방

식 이용해서 전송하고 있다.

그림 10에서처럼 이 시스템은 원격 실시간 감시의 효과 외에도 에너지 소비를 50[%]이상 감소, 45[%]의 에너지 절감효과, 50[%]의 유지보수 비용의 절감, 유지보수 시간이 단축됨으로써 양질의 서비스 운용이 가능한 장점을 가지고 있는 것으로 조사되었다.

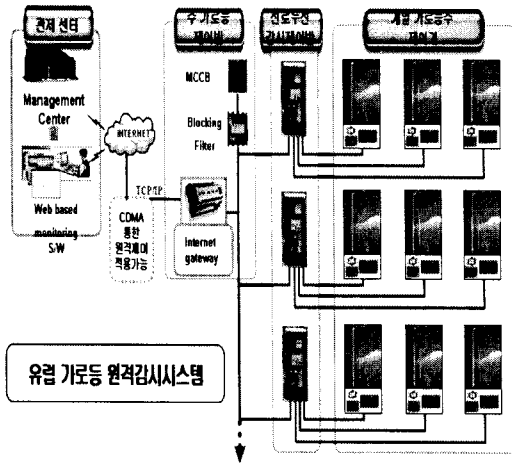


그림 10. 가로등 원격 감시시스템 구성
Fig. 10. On-line monitoring system of street lamp

4. 수용가 전기안전 활성화 방안의 제언

국내의 전기화재의 예방을 위해 옥내에서 발생되는 아크를 차단할 수 있는 장치의 활용을 위해 먼저 전기용품안전관리법시행규칙 제2, 3조에서 아크를 차단할 수 있는 장치에 대한 역할 및 안전적용 기준 정립이 되어야 할 것이다. 또한 국내에서 아크를 차단할 수 있는 장치에 대한 인증 시험 규정이 제정이 되어야 할 것이다. 미국에서는 UL1699에서 AFCI (Arc Fault circuit Interrupter)에 대한 시험 규격이 정해져 있다. 따라서 국내에 아크 차단 장치에 대한 인증 시험 규정 및 제도가 추가적으로 제정되어야 할 것으로 판단된다. 또한 전기설비 기술기준에서 과부하, 누전에 대한 부분만 차단할 수 있는 장치 및 설치 장소에 대해 규정을 하고 있다. 따라서 아크를 차단할 수 있는 부분에 대한 설치 규정 및 장소에 대

한 규정이 제정이 되어야 할 것이다.

실시간 원격 감시 시스템에 대한 활성화 방안으로 일본에서 실시간 절연감시 시스템을 하는 경우에는 안전관리자의 개소 당 가중치 감소로 인하여 안전관리자가 기존보다 많은 설비를 점검할 수 있도록 했고, 점검 회수를 1개월 1회에서 2, 3개월에 1회로 조정하여 수용가의 수수료 감면의 혜택을 주도록 되었다. 이처럼 국내에서도 전기사업법 시행규칙 제44조에서 법적 개소 당 가중치 감소 부분과 점검 횟수 기간 조정이 이루어져야 할 것으로 판단된다. 또한 원격 감시 시스템의 시설이 구성된 경우에는 안전관리 범위 확대와 상주 안전관리자의 수에 대한 조정도 또한 검토되어야 할 것으로 판단된다.

5. 결 론

수용가에서 좀더 정확하고 많은 부분을 동시에 처리하고, 확인하고 싶어 하는 욕구가 점점 커가고 있는 현실에서 그에 대한 제품과 그 제품을 활성화하여 시장에 적용할 수 있는 부분에 대하여 조사 분석을 하였다. 전기안전의 경우에는 설문조사를 통해 대내의 전기안전뿐만 아니라 그 이외의 서비스, 즉 화재 감시, 가스 밸브 잠금 확인, 가전제품 제어, 전등 제어, 지역 정보 등 다양한 내용을 제공받기 원하는 것으로 드러났다. 이를 위해서 먼저 기존의 과부하, 누설 검출 부분에서 화재 발생 가능 부분에 대하여 예방할 수 있는 아크 검출 및 차단기능의 필요성이 조사였다. 이 부분의 활성화를 위해 국내의 아크 차단기의 인증 규격 및 아크 차단기의 설치 장소 등에 관한 관련 법 제정이 필요한 부분으로 조사되었다. 또한 수용가 전력 부가 서비스에 관한 활성화를 위한 원격 감시시스템에 따른 수용가 및 전기안전 점검자에 대한 인센티브에 관하여 전기사업법 시행규칙 및 관련 법 제·개정이 필요하다고 조사되었다. 본 연구는 전기 화재에 대한 안전 확보 및 실시간 전기설비 감시 시스템에 대한 연구결과의 시장 활성화를 위한 제도 및 관련 법 제·개정 부분에 대한 자료로 사용될 것으로 사료된다.

이 논문은 전력산업 연구개발 사업비의 지원에 의해 수행된 연구결과입니다.

References

- [1] 한국전기안전공사, 전기화재현황 (www.kesco.net).
- [2] 김기현 외3, “전력부가서버시tm 시장 환경 조성에 대한 조사분석”, 대한전기학회 하계학술대회, 2007.7. p.427-432.
- [3] 메이덴 절연감시 시스템, 2007.
- [4] 홍성호외2, “아크에 의한 전기화재 위험성 분석”, 산업과학기술연구소 논문집, Vol 14, No. 20, 2000.12.
- [5] “홈네트워크 수요조사를 통한 홈디지털서비스 제공방안 연구”, 정보통신부 보고서, 2005.
- [6] “유선 홈네트워크 구축에 따른 기술기준 제·개정 연구”, 전파연구소 보고서, 2005.
- [7] “일본의 유비쿼터스 정책추진 동향”, ETRI 보고서, 2005.
- [8] “미국의 유비쿼터스 정책추진 동향”, ETRI 보고서, 2005.
- [9] “주요국의 유비쿼터스 IT 정책 동향과 한국의 SWOT 분석”, 한국전자통신연구원 보고서, 2005.
- [10] National Electrical Code HAND BOOK, 2005.

◇ 저자소개 ◇

김기연 (金基鉉)

1971년 5월 1일생. 1997년 숭실대학교 전기공학과 졸업. 2000년 8월 동 대학원 졸업(석사). 2008년 2월 동 대학원 졸업(박사). 2000년 6월~2003년 6월 한국전기연구원 재직. 2006년 전기안전 기술사 취득. 2003년 7월~현재 전기안전연구원 IT기술개발센터 근무.

박치연 (朴治現)

1973년 1월22일생. 2000년 고려대학교 전기전자전파공학부 졸업. 2003년 동대학원 석사 졸업. 2003~2005년 LG이노텍 근무. 2006년~전기안전연구원 IT기술개발센터 근무.

임용배 (林庸培)

1971년 11월 16일생. 1994년 원광대 전기공학과 졸업. 1998년 홍익대학교 전기제어공학과 졸업(석사). 2007년 2월 동 대학원 박사 졸업. 1994~1996년 오리엔텍 부설연구소 근무. 1996년~현재 전기안전연구원 IT기술개발센터 근무.

최명일 (崔明日)

1975년 5월 30일생. 2002년 창원대학교 전기공학과 졸업. 2004년 동 대학원 석사 졸업. 2001~2002년 한국전기연구원 근무. 2003년~현재 전기안전연구원 IT기술개발센터 근무.

배석명 (裵錫銘)

1956년 10월 22일생. 1984년 창원기능대학교 전기기기과 졸업. 1981~1997년 한국전기안전공사 근무. 1997년~현재 전기안전연구원 근무. 현재 전기안전연구원 IT기술개발센터 센터장.