연소생성물이 거주자에 미치는 영향을 고려한 단독경보형감지기의 작동범위에 대한 연구

이 중 화* · 김 시 국* · 지 승 욱* · 김 필 영** · 이 춘 하*

*호서대학교 소방방재학과 · ** (주)태산전자

Study on the operating range of stand-alone sensor in consideration of the impacts of combustion products on residents

Jong-Hwa Lee* · Si-Kuk Kim* · Seung-Wook Jee* · Pil-Young Kim** · Chun-Ha Lee*

*Hoseo University Dept. of Fire & Disaster Prevention · **TST Co., Ltd

Abstract

Recent research on stand-alone focused on the improvement and development of functions for solving problems such as the limited operating time of stand-alone installed at dwelling and their low reliability caused by false alarms, but it is more urgent to study on the operating range of stand-alone sensor in consideration of the impacts of combustion products on residents because the primary goal of fire safety is minimizing casualties.

This study purposed to propose the optimized operating range of stand-alone sensor in consideration of the impacts of combustion products on residents. For this purpose, we made a mathematical approach to the change of temperature over the lapse of time in compartment fires similar to house fires, and established the standards of the body's response against heat and smoke based on literature review. In addition, we surveyed domestic and foreign technological standards for stand-alone sensor, and converted them to standards for residents of the body's response against heat and smoke using mathematical model equations and analyzed them comparatively.

Keywords: Stand-alone, Dwelling, Stand-alone sensor, Compartment fires, Body's response

1. 서 론

현대사회는 생활환경의 편리성 및 고급화 추구로 인해 건축물에 인화성 높은 내장재를 사용함으로써 화재 발생시 높은 발열량과 다양한 연소생성물들이 발생하여 인명 및 재산의 규모가 커지고 있다. 이에 관계법령인 『소방시설 설치유지 및 안전관리에 관한 법률』 제 9조에서는 화재의 예방과 경계 혹은 진압을 위하여 건축물의 규모 · 수용인원 및 용도 등을 고려하여 적절히 판단 후 소방시설을 설치하도록 의무화하고 있지만, 주택(아파트와 기숙사 제외)은 법적규정에 해당되지 않아 화재의 사각지대에 놓여 있는 실정이었다.[3],[5],[10]

이러한 실정에 소방관련 관 · 학 · 산 · 민 단체에서는 주택에서 발생하는 화재로 인한 인명 및 재산 피해를 최소화하기 위하여 단독경보형감지기를 홍보하여 설치하고 있으나, 일정한 용량을 갖는 독립 전압원으로부터 광센서와 RLC 및 릴레이 IC로 구성된 단독경보형감지기 회로에 장시간 상시감시를 위한 연속적인 전류공급은 독립전원을 활용하는 전기기기가 갖는 작동시간 한계성을 초래하였고, 감지기로부터 발생되는 잦은 독립전압원의 교체 필요를 알리는 음향경보는 사용자로 하여금 신뢰성 저하를 유발하였으며, 일부사용자의 비화재보대처 능력 미흡으로 기인한 소방서에 잦은 출동요청은 소방력 분산 및 출동비용 증가 등의 현상을 발생시켰다.

* 교신저자: 이중화, 충남 아산시 배방읍 세출리 165번지 호서대학교 소방방재학과

M.P: 010-2236-2693, E-mail: oroz12@epost.go.kr

2012년 1월 20일 접수; 2012년 3월 13일 수정본 접수; 2012년 3월 13일 게재확정

최근 이러한 현상을 개선하기 위하여 2011년 1월 4일 에 『감지기의 형식승인 및 검정기술기준』 제5조의2와 『감지기의 형식승인 및 검정 시험세칙』 제1의2의 단독 경보형감지기의 일반기능에 대한 내용을 개정 후 ‘기존의 단독경보형 감지기가 갖는 기능 향상’과 ‘비화재보 감소를 위한 복합형 단독경보형 감지기 회로개발’ 그리고, ‘장수명 건전지 활용으로 기인한 자원과 에너지 낭비 최소화’ 라는 가능성으로 접근하여 연구 되어 지고 있지만, 소방에서 단독경보형감지기는 ‘인명피해의 최소화’를 주목적으로 하기 때문에 단순한 제품의 기능 개선 및 개발 보다는 화재로 발생된 연소생성물에 따른 거주자반응이 고려된 주택용 단독경보형감지기의 작동범위에 대한 연구가 선행된 후에 이루어져야 할 것이다.[4],[6]

따라서, 본 연구에서는 연소생성물이 거주자에 미치는 영향을 고려한 주택용 단독경보형감지기의 작동범위 제안을 위하여 주택화재와 유사한 구획화재를 모델로 하였다. 연구방법으로는 구획화재의 성장에 대한 이론적 적립 후 화재의 성장과정에서 발생하는 연소생성물인 열·연기가 거주자에 미치는 영향을 알아보고, 단독경보형감지기의 작동범위에 대한 국·내외기술기준

확인 후 각 기준이 내포 및 제시하고 있는 수학적 모델링을 통하여 작동범위를 열·연기가 거주자에 미치는 영향의 측정기준으로 변환 후 각 작동범위와 도출된 측정기준과의 상관관계를 나타내었으며, 이를 바탕으로 국·내외 단독경보형감지기의 작동범위에 연소생성물이 거주자에 미치는 영향을 적용하여 비교분석함으로써 거주자반응이 고려된 주택용 단독경보형 감지기의 최적화된 작동범위를 제시함으로써 인명피해의 최소화에 이바지 하고자 한다.

2. 구획화재

구획화재는 가연물 및 산소공급과 건축물의 구조등 화재요인에 의하여 그 양상이 크게 달라지지만, <표 1>과 같이 국제기준인 ISO 834 와 유럽기준인 EN 1991을 적용하여 시간경과에 따른 화재의 성장형태를 가연물 및 산소 등의 세부적인 화재요인 반영여부에 의하여 Standard, External, Hydrocarbon과 Parametric으로 구분 후 각 화재의 성장에 해당되는 수학적 모델링을 나타낼 수 있다.[13]

<표 1> ISO 834 와 EN1991에 의한 시간경과에 따른 화재의 성장 구분

화재성장형태			수학적 모델링	기준적용사항
세부적인 화재요인 반영	유	Standard	$\Theta_g = 20 + 345 \log_{10}(8t + 1)$	ISO 834, EN1991
		External	$\Theta_g = 660(1 - 0.687e^{-0.32t} - 0.313e^{-3.8t}) + 20$	EN1991
		Hydrocarbon	$\Theta_g = 1080(1 - 0.325e^{-0.167t} - 0.675e^{-2.5t}) + 20$	EN1991
	무	Parametric	$\Theta_g = 1325(1 - 0.324e^{-0.2t^*} - 0.204e^{-1.7t^*} - 0.472e^{-19t^*}) + 20$	EN1991

이렇게 구분되어진 구획화재의 성장형태는 <표 1>의 수학적 모델링을 활용하여 t 시간일 때 구획화재의 온도(Θ_g)값을 얻을 수 있는데, 이 얻어진 값들을 시간경과에 따라 그래프화하면, <그림 1>과 같은 유형의 화재 성장곡선을 얻을 수 있으며, <그림 1>의 각 화재의 성장곡선 중 실제적인 화재성상과 유사한 Parametric의 성장곡선에 시간과 온도와 관련하여 발화, 성장, 플래시오버, 최성기, 감쇠기의 5단계로 구분되어진 구획실화재의 진행단계를 적용하면, <그림 2>와 같이 나타낼 수 있다.[11],[12],[13],[14],[15]

2.1 열

연소생성물인 열은 거주자 피난 시 열의 장시간 노출로 인해 열사병, 신체 표면화상 그리고 기도화상 등을 유발시켜 사망 할 수도 있다.

이에 열이 거주자에 미치는 영향에 대하여 <그림 2>에서 나타내고 있는 구획화재의 진행단계 중 플래시오버 이전인 발화와 성장에 단계의 온도범위 내에서 <표 2>의 대기상태에 따른 고온저속의 공기유동에서 맨 피부를 노출시킨 정지상태의 인간에 대한 신체변화가 고려되고 있다.[15]

* 조건에 의하여 Parametric 성장곡선은 변화될 수 있음.

<그림 1> ISO 834 와 EN1991의 수학적 모델링으로 구현된 구획화재의 성장곡선

<그림 2> 화재의 진행단계가 적용 된 Parametric의 성장곡선

<표 2> 대기상태에 따른 고온저속의 공기유동에서 맨 피부를 노출시킨 정지상태의 인간에 대한 신체변화

공기			정지상태의 인간			
대기 상태	온도		유동속도 [m/min]	피부 노출 시간 [min]	신체변화	비고
	섭씨 [°C]	화씨 [°F]				
건조함	121 이상	250 이상	30 미만	10 미만	신체적 통증 발생 후 화상 및 사망	생존 가능하더라도 기도화상 이나 피부화상의 이차적 영향으로 인한 사망 가능
	121 미만	250 미만		15 초과	신체적 내성감소로 인한 열사병	-
습함	88	190	30 이하	15 이하	내열성	-
	60	140		30 이하	내열성	-

<표 3> 감광 계수에 따른 가시거리

감광계수 [1 / m]	가시거리 [m]	상황
0.1	20~30	건물 내부구조 비숙지자의 피난한계 농도 연기감지기기 작동하는 농도
0.3	5	건물 내 숙지자의 피난한계 농도
0.5	3	어두침침한 것을 느낄 정도
1.0	1~2	거의 앞이 보이지 않을 정도

2.2 연기

화재로부터 발생한 생성물인 연기는 물리적 상태에 따라 입자상태와 무형의 Co, Co2, HCN 등의 독성물질

로 이루어진 증기상태로 구분할 수 있다.

이 중 입자상태는 분포도에 따라 연기의 농도에 영향을 주어 감광현상을 초래함으로써 거주자로 하여금 피난 시 가시도 손실을 유발하는데, <표 3>은 이러한 감광계수에 따른 거주자의 가시거리에 대하여 나타내고 있으며, 다른 물리적 상태인 Co, Co2, HCN 등의 독성물질로 이루어진 증기상태는 피난시간동안 피난자로 하여금 무형의 독성물질에 노출되게 함으로써 인체에 산소를 공급하는 헤모글로빈과 친화력이 높은 독성물질과 결합하여 산소결핍으로 인한 호흡곤란을 초래함으로써 사망에 이르게 하는데, 특히 Co는 헤모글로빈과 결합 친화력이 산소보다 200배 이상 되어 인체에 가장 직접적이고 치명적이다.[1],[7],[15]

<표 4> 국내의 단독경보형 감지기 작동방식에 적용되어진 작동범위 기술기준 사항

감지 대상	구조 및 감지기능		작동범위 기술기준
	형식	작동방식	
연기	광전식	주위의 공기가 일정한 농도의 연기를 포함하게 되는 경우에 화재신호를 발함	「감지기의 형식승인 및 검정기술기준」 제19조 「감지기의 형식승인 및 검정시험세칙」 제10-2
열·연기	열·연 복합식	일국소의 주위온도가 일정한 온도 이상이 되는 경우와 주위의 공기가 일정한 농도의 연기를 포함하게 되는 경우의 두 가지 조건을 만족하였을 때 화재신호 발함	「감지기의 형식승인 및 검정기술기준」 제16조 「감지기의 형식승인 및 검정시험세칙」 제15-1
		일국소의 주위온도가 일정한 온도 이상이 되는 경우 혹은 주위의 공기가 일정한 농도의 연기를 포함하게 되는 경우의 한 가지 조건만 만족하여도 화재신호를 발함	「감지기의 형식승인 및 검정기술기준」 제19조 「감지기의 형식승인 및 검정시험세칙」 제10-2

3. 단독경보형감지기의 작동범위에 대한 국·내외 기술기준

단독경보형감지기의 작동범위는 국내와 일본만 법적 기술기준에 의거하기 때문에 연구범위를 국내와 일본에 국한하였으며, 각 감도 기술기준이 내포 및 제시하고 있는 수학적 모델링을 통하여 작동범위를 해석을 하면 다음과 같다.

3.1 국내

국내에서 단독경보형감지기에서 “단독경보형”이라 함은 「감지기의 형식승인 및 검정기술기준」 제3조제13호에 의거하여 감지기에 음향장치가 내장되어 일체로

되어 있는 것으로 구조 및 감지기능에 따라 연기만 감지하는 광전식과 열·연기를 모두 감지하는 광전식과 정온식 기능을 갖는 열·연 복합식으로 구분할 수 있는데, 각 형식의 작동방식에 적용되어진 작동범위 기술기준 사항을 나타내면 <표 4>와 같으며, 각 작동범위 기술기준사항이 내포 및 제시하고 수학적 모델링을 통하여 다음과 같이 해석할 수 있다.[4],[6]

3.1.1 국내의 광전식 작동범위 기술기준

광전식에 대한 작동범위 기술기준에 대한 사항은 「감지기의 형식승인 및 검정기술기준」 제19조제2항 및 「감지기의 형식승인 및 검정시험세칙」 제10-2에 의거하여 <표 5>와 같이 나타낼 수 있다.

<표 5> 국내의 광전식 작동범위 기술기준

종별	K	V [cm/s]	T [s]	t (min)
1종	5	20 cm/s	30 s	5 min
2종	10			
3종	15			

(주) K : 공칭작동농도로서 감광율로 나타낸다.

작 동 : 1.5K / 1 m 인 농도의 연기를 포함하는 풍속 20 cm/s의 기류에 투입하는 경우 T초 이내

부작동 : 0.5K / 1 m 인 농도의 연기를 포함하는 풍속 20 cm/s의 기류에 투입하는 경우 t 분 이내

$$T_s = T_c \cdot e^{-C_s L} \quad (1)$$

$$T = \left[\frac{T_s}{T_c} \right] \quad (2)$$

$$= [e^{-C_s L}] \quad (3)$$

$$K = \left[1 - \left[\frac{T_s}{T_c} \right] \right] 100 \quad (4)$$

$$= [1 - e^{-C_s L}] 100 \quad (5)$$

$$C_s = - \left(\frac{1}{L} \right) \ln \left[1 - \frac{K}{100} \right] \quad (6)$$

T : 투과율

T_c : 청정 상태일 때 연기밀도 측정기에 의한 값

T_s : 연기발생시 연기밀도 측정기에 의한 값

C_s : 감광계수

L : 연기농도 측정기의 유효광학거리

(a) 공칭작동 농도와 감광계수의 관계

(b) 공칭부작동 농도와 감광계수의 관계

<그림 3> 국내의 광전식 작동 및 부작동 농도와 감광계수의 관계

여기서 공칭작동농도로서 감광율을 나타내는 K는 Beer-Lamert law의 수학적 모델링 식(1)로부터 투과율에 대한 식(2)와 식(3)을 도출하여 이를 응용한 식(4)와 식(5)에 의하여 구할 수 있으며, 식(5)를 감광계수에 관한 식(6)으로 나타낸 후 이를 활용하면, 광전식 종별 작동 및 부작동 기술기준이 반영하고 있는 감광계수를 <그림 3>과 같이 나타낼 수 있다.[2],[4],[6]

3.1.2 국내의 정온식 작동범위 기술기준

정온식에 대한 작동범위 기술기준에 대한 사항은 「감지기의 형식승인 및 검정기술기준」 제16조와 「감

지기의 형식승인 및 검정시험세칙」 제15-1에 의하여 공칭작동온도 범위를 60℃에서 70℃까지로 할 수 있으며, 작동 및 부작동은 「감지기의 형식승인 및 검정기술기준」 제16조제1에 대한 사항을 나타내고 있는 <표 6>에 제시된 수학적 모델링을 통하여 온도범위에 따른 종별에서 정하는 시간에 해당되도록 설정하는 것을 나타내고 있다.[4],[6]

<그림 4>는 <표 6>에 제시된 수학적 모델링을 통하여 온도범위에 따른 각 종별의 공칭 작동온도와 작동 및 부동작 시간 그리고 거주자 신체반응과의 관계를 나타내고 있다.

<표 6> 국내의 정온식 작동범위 기술기준

종별	작동 [s]		부작동 [min]
	실온		
	0 [℃]	0 [℃] 이외	10
특종	40초이내		
1종	40초 초과 120초 이하		
2종	120초 초과 300초 이하		

(주) 작 동 : 125%*공칭작동온도이고 풍속이 1 ㎧ 인 수직기류에 투입하는 경우 그 종별에 정하는 시간 이내

부작동 : 공칭작동온도 보다 10 ℃ 낮은 온도이고 풍속이 1 ㎧인 수직기류에 투입하는 경우 10분 이내

(a) 각 종별의 공칭 작동온도와 거주자 신체반응의 관계

(b) 각 종별의 공칭 부작동온도와 거주자 신체반응의 관계

<그림 4> 국내의 정온식 작동 및 부작동 온도와 거주자 신체반응의 관계

3.2 일본

일본에서는 단독경보형감지기를 별도의 법령을 제정 후 각 형식에 대한 작동방식과 각 형식의 작동방식에 적용되어진 작동범위 기술기준 사항을 나타내면 <표 7>과

같으며, 각 작동범위 기술기준이 내포 및 제시하고 있는 수학적 모델링을 통하여 다음과 같이 해석할 수 있다.[7],[8]

<표 7> 일본의 단독경보형 감지기 작동방식에 적용되어진 작동범위 기술기준 사항

감지 대상	구조 및 감지기능		작동범위 기술기준
	형식	작동방식	
연기	광전식	▪ 주위의 공기가 일정한 농도의 연기를 포함하게 되는 경우에 화재신호를 발함	▪ 주택용 방재 경보기 및 주택용 방재 알람 설비와 관련되는 기술상의 규격을 정하는 성령」 제7조
열	정온식	▪ 일국소의 주위온도가 일정한 온도 이상이 되는 경우	▪ 「정온식 주택용 화재경보기에 대한 기술가이드라인」 제6

3.2.1 일본의 광전식 작동범위 기술기준

광전식에 대한 작동범위 기술기준은 「주택용 방재 경보기 및 주택용 방재 알람 설비와 관련되는 기술상의 규격을 정하는 성령」 제7조에 <표 8>과 같이 규정

되어있으며, 수학적 모델링 식(1) ~ (7)을 활용하면, 광전식 종별 작동 및 부작동 기술기준이 반영하고 있는 감광계수를 <그림 5>과 같이 나타낼 수 있다.[7]

<표 8> 일본의 광전식 작동범위 기술기준

종별	K	V [cm/s]	T [s]	t [min]
1종	5	20 ~ 40	30 s	5 min
2종	10			

(주) K : 공칭작동농도로서 감광율로 나타낸다.

작 동 : 1.5K / 1 m 인 농도의 연기를 포함하는 풍속 20 cm/s의 기류에 투입하는 경우 T초 이내

부작동 : 0.5K / 1 m 인 농도의 연기를 포함하는 풍속 20 cm/s의 기류에 투입하는 경우 t 분 이내

(a) 공칭작동 농도와 감광계수의 관계

(b) 공칭부작동 농도와 감광계수의 관계

<그림 5> 일본의 광전식 작동 및 부작동 농도와 감광계수의 관계

3.2.2 일본의 정온식 작동범위 기술기준

정온식에 대한 감도 기술기준은 「정온식 주택용 화재경보기에 대한 기술가이드라인」 제6에 <표 9>와 같이 기술되어 있으며, 이를 활용하여 온도범위에 따른

각 종별의 공칭 작동온도와 작동 및 부동작 시간 그리고 거주자 신체반응과의 관계를 <그림 6>과 같이 나타낼 수 있다.[8]

<표 9> 일본의 정온식 작동범위 기술기준

종별	작동 [s]		부작동 [min]
	실온		
	0℃	0℃ 이외	
-	40 초 이내	$t = \frac{40 \log_{10} \left(1 + \frac{65 - \theta_r}{16.25}\right)}{\log_{10} \left(1 + \frac{65}{16.25}\right)}$	10

작동 : 81.25 ℃의 풍속 1㎧의 수직 기류에 투입했을 때 40초이내

부동작 : 50℃의 풍속 1 1㎧의 수직기류에 투입했을 때 10분 이내

(a) 각 종별의 공칭 작동온도와 거주자 신체반응의 관계(b) 각 종별의 공칭 부작동온도와 거주자 신체반응의 관계
<그림 6> 일본의 정온식 작동 및 부작동 온도와 거주자 신체반응의 관계

4. 국·내외 기술기준 비교 및 분석

<표 10>은 국·내외 단독경보형감지기의 작동범위에 연소생성물이 거주자에 미치는 영향을 적용하여 비교한 것으로 광전식에 있어서 일본의 작동범위 기술기준이 국내의 작동범위 기술기준보다 비 숙지자의 피난 한계 농도와 숙지자의 피난 한계농도의 중간 범위인 2

종까지 되어 있는데, 이는 주택화재 발생시 비 숙지자와 숙지자가 함께 피난 할 수 있는 거주자 반응을 고려하여 범위를 규정한 것으로 사료되며, 정온식에 있어서 국내와 일본의 작동범위 기술기준 모두 거주자가 내열성을 갖는 범위에 해당하나 국내의 종별 기술기준이 더 많은 까닭은 주택에 관하여 법적기술기준이 제정되지 않은 것에 의한 것으로 사료된다.

<표 10> 국·내외 단독경보형감지기의 작동범위에 연소생성물이 거주자에 미치는 영향을 적용

구분 구조 및 감지기능		국내				일본	
광전식	공칭작동농도가 내포하고 있는 감광계수가 나타내는 피난자의 가시도	1종	건물 내 비 숙지자의 피난한계 농도			1종	건물 내 비 숙지자의 피난한계 농도
		2종	건물 내 비 숙지자의 피난 어려움			2종	건물 내 비 숙지자의 피난 어려움
		3종	건물 내 숙지자의 피난한계 농도			-	
정온식	공칭작동온도가 내포하고 있는 고온저속의 공기유동에서 인간의 신체변화 [°C]	종별 온도	특종	1종	2종	종별 온도	국내의 특종에 해당
		60	내열성			65	내열성
		65					
		70					

5. 단독경보형 감지기의 작동범위 제안

<표 9>를 고려하여 감지기 작동방식에 적용되어질 작동범위로는 광전식은 주택화재 발생 시 비 숙지자와 숙지자가 함께 피난 할 수 있는 1종과 2종에 한하여 제한할 수 있으며, 정온식은 공칭작동 온도가 60 °C~70 °C 범위에서 t초 후에 작동되는 각 종별 범위를 제안할 수 있다.

최적화 된 작동범위를 제안하였다.

본 연구는 화재경보시점을 기준으로 경보 이전의 시간 영역에서 향후 개발 될 감지기의 작동범위에 대하여 국외의 접근방식을 도입 후 국내에 기술기준에 적용할 수 있도록 함으로써 인간의 내열 및 내연을 갖는 최적화된 피난 환경을 제시하는 감지기의 작동기준에 대한 기초자료로 활용될 것으로 사료된다.

6. 결 론

본 논문은 주택화재로부터 인명피해의 최소화를 목적으로 하는 단독경보형 감지기에 대한 연구를 하면서 법적 기술기준에 의거한 제품에 중점을 둔 기능 개선 및 개발보다는 화재발생시 연소생성물이 거주자에 미치는 영향에 대한 자료를 구축하여 거주자 피난중심에 중점을 둔 작동범위를 제안하고자 국제 규격과 문헌을 조사 후 각 자료가 내포 및 제시하고 있는 수학적 모델링을 활용하여 공통적인 측정기준을 도출함으로써 단독경보형 감지기의 작동 범위에 대하여 다각도로 접근할 수 있었으며, 이를 바탕으로 연소생성물이 거주자에 미치는 영향을 고려한 단독경보형감지기의

7. 참고문헌

- [1] 경기도소방재난본부, “인명피해 저감정책의 전략적 전개에 관한 연구”, (2010) : 5~18.
- [2] 박동선, “단과장가시광선을 이용한 감광식 연기농도 측정기 개발”, (주)이플러스티(2010).
- [3] 법제처, “소방시설 설치유지 및 안전관리에 관한 법률”, (2012).
- [4] 법제처, “감지기의 형식승인 및 검정기술기준”, (2012).
- [5] 소방방재청, “자동화재 탐지설비의 화재안전기준 해설”, (2007).
- [6] 소방산업기술원, “감지기의 형식승인 및 검정기술기준”, (2011)
- [7] 이동명 외 2인 공저, “제연공학”, 성안당(2009) : 47~51

- [8] 일본 총무성, “주택용 화재경보 및 주택용경보설비에 관한 기술 표준을 정하는 성령”,(2005).
- [9] 일본 총무성, “정온식 주택용 화재경보기에 대한 기술 가이드라인”,(2005)
- [10] 중앙소방학교, “주택화재 저감 및 안전관리 방안”, (2010) : 1.
- [11] 중앙소방학교, “소방대원의 화재모델 실무교육을 위한 화재위험성 분석기법의 적용”(2002) : 8~10.
- [12] 최진, 권오승, 강경식, “방화(放火)화재 특성에 관한 실험적 연구”, 안전경영과학회지, 10 (2008) : 1-13
- [13] European Committee for Standardization, “General actions Actions on structures exposed to fire”(2002).
- [14] P.Schaumann, T.Trautmann, “Example to EN 1991 Part 1-2 : Compartment fire”, University of Hannover(2005) : 1-6
- [15] SFPE, “The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering”, CH. 2-7 (2002) : 124-126.
- [16] T.Lennon, D.B.moore, Y.C.Wang and C.G. Bailey, “Designer’s guide to EN1991-1-2, EN1992-1-2, EN1993-1-2, and EN 1994-1-2”,Thomas Telford (2007) : 20-26.

저 자 소 개

이 종 화

목포대학교 전기공학과를 졸업하였고, 동대학원에서 석사 취득과 박사수료를 하였으며, 추가로 호서대학교 소방방재학과 박사과정을 수료하였다. 현재 호서대학교 연구원으로 활동 중이다.

주소: 충남 아산시 배방읍 세출리 165 호서대학교 소방방재학과

김 시 국

호서대 소방학과를 졸업하였고, 동대학원에서 석사와 박사를 취득하였다. 현재 소방전기 및 화재조사 연구실 실험실장으로 있으며, 호서대학교 시간강사로 재직 중이다.

주소: 충남 아산시 배방읍 세출리 165 호서대학교 소방방재학과

지 승 욱

영남대학교 전기공학과를 졸업하였으며, 동대학원에서 박사를 취득하였다. 현재 호서대학교 시간강사로 재직 중이다.

주소: 대구시 동구 신암 4동 신암 보성 1차 아파트 2-406호

김 필 영

1992년에 회사를 설립하여 (주)태산전자 대표이사로 활동하면서 2011년에는 ‘P형자동화재탐지설비’를 개발하여 특허등록을 하였다. 관심분야로 소방시스템 분석 및 설계와 소방시스템 신경 회로 및 신호처리이다.

주소: 경기도 안산시 고잔동 푸르지오A1차6-302

이 춘 하

영남대학교 전기공학과에서 박사를 취득하였다. 전국대학소방학과 교수협의회 회장, 소방방재청 중앙소방기술심의 위원, 소방방재청 규제심사위원회 위원장, 행정안전부 세종시 정부청사 설계자문위원회 위원, 법제처 국민법제관(소방방재분야) 등을 역임하였고, 현재 호서대학교 소방방재학과 교수 및 한국화재소방학회 회장으로 재직 중이다.

주소: 충남 아산시 배방읍 세출리 165 호서대학교 소방방재학과