



화재감지 오보 감소를 위한 다중정보기반 시스템의 Test Bed 설계

이기준 · 김형권* · 이봉우* · 김태옥 · †신동일

명지대학교 화학공학과, *한국소방산업기술원
(2012년 11월 24일 투고, 2012년 12월 27일 수정, 2012년 12월 27일 채택)

Test Bed Design of Fire Detection System Based on Multi-Sensor Information for Reduction of False Alarms

Kijun Lee · Hyeong Gweon Kim* · Bong Woo Lee* · Tae-Ok Kim · †Dongil Shin

Department of Chemical Engineering, Myongji University, Yongin 449-728, Korea

*Korea Institute of Fire Industry & Technology, Yongin 446-909, Korea

(Received November 24, 2012; Revised December 27, 2012; Accepted December 27, 2012)

요약

화재감지 시스템은 화재발생 시 위험 감지 및 전파를 위해 사용되고 있는데, 현재 사용 중인 대부분의 화재감지 시스템은 실보와 비화재보의 가능성으로부터 오동작이 빈번하게 발생한다. 본 연구에서는 화재감지의 신뢰성 개선을 위해 열 감지기, 연기 감지기 및 일산화탄소 농도 감지기의 3가지 독립정보를 통합적으로 이용하여 화재를 감지하는 알고리즘을 제안하고, LabVIEW를 이용하여 test bed를 구축하여 검증하였다. 즉, NIST의 Fire Research Division에서 제공하는 상황별 센서 측정 데이터를 이용하여 시뮬레이션을 진행하였으며, 실보와 비화재보의 가능성을 저감시키는 것을 확인할 수 있었다.

Abstract - Fire detection system is used for detection and alarm-generation of danger in case of fire. Most fire detection systems being used these days often malfunction from false positive and false negative errors. To improve detection reliability, an integrated fire detection algorithm using multi-sensor information of heat, smoke and carbon monoxide detectors is suggested, then built and tested using the LabVIEW environment. Simulated using sensor measurement data offered by National Institute of Standards and Technology (NIST), possibility of reducing false positive and false negative errors is verified.

Key words : fire detection, LabVIEW, test bed, multi-sensor information, false positive error, false negative error

1. 서론

최근 백화점, 대형 지하상가, 공공건물 등은 건축비용 상의 문제로 점차 고층화와 고밀도화가 되고 있으며, 이로 인해 재해가 발생할 경우에는 큰 피해를 초래하게 된다. 2011년도 국내 화재현황을 살펴보면, Fig. 1과 같이 부주의로 인한 화재가 16015건(36.5%)으로 가장 많고, 다음으로 전기적 요인으로 인한 화재가 10793

건(24.6%)이었다[1]. 이것은 정확한 조기 화재정보를 통해 충분히 예방할 수 있으며, 또한 경보기 오동작으로 인한 오인출동으로 소방 활동력 낭비가 상당수를 차지하고 있는 실정임을 Fig. 2에서 확인할 수 있다[1]. 이에 따라 정확한 감지성능을 지닌 화재감지 시스템의 필요성을 확인할 수 있으며, 소방법 개정에 따라 소방방재시설 및 화재 감지기의 설치를 의무화 하고 있는 실정이다.

현재 시중에서 사용되고 있는 기계식(on-off)방식, 단일 센서(온도, 연기, 불꽃) 또는 이중센서(열연복합식) 등의 기존 감지기들은 화재상황에서 경보가 울리

†Corresponding author: dongil@mju.ac.kr

Copyright © 2012 by The Korean Institute of Gas

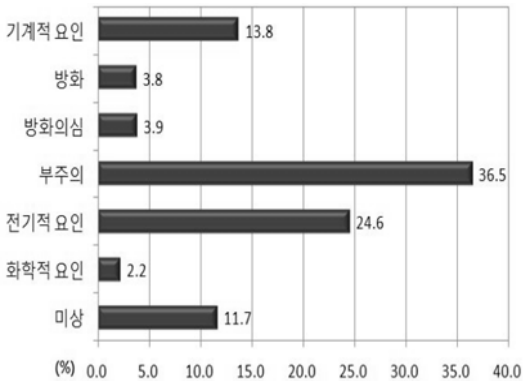


Fig. 1. Cause of fire statistics of year 2011[1].

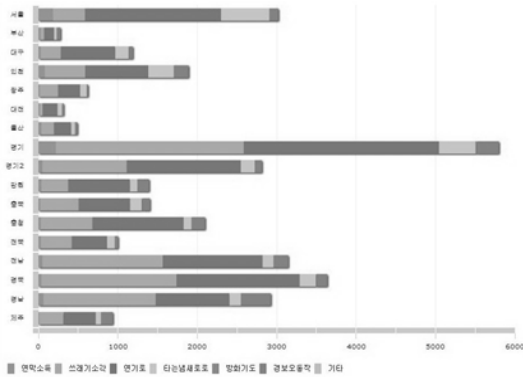


Fig. 2. Mistaken scramble statistics of year 2011[1].

지 않는 false positive, 비화재상황에서 경보가 울리는 false negative 경우와 같은 오동작이 빈번하였다. 이를 바탕으로 최근 감지성능을 향상시키기 위한 센서 성능분석에 대한 연구와 여러 센서의 복합적인 이용으로 다중정보를 이용한 화재감지 시스템의 연구가 국내·외에서 활발히 이루어지고 있다. 특히, 본 연구에 검증 및 분석에 이용된 데이터를 제공한 NIST(National Institute of Standards and Technology)에서는 가정용 연기경보 성능에 대해 연구한 사례가 있으며, 가능한 여러 화재상황을 묘사하여 감지기의 응답을 분석하고 있다[2,3].

본 연구에서는 화재감지 시스템의 신뢰성 향상방법에 대해서는 화재실험이 제한적일 뿐만 아니라 센서의 부재로 실질적으로 검증할 수 있는 방법이 없기 때문에 독립된 온도, 연기 및 CO 센서정보로부터 각각의 값들이 임계값을 넘는지를 판단하고, 판단결과를 통해 경보여부를 결정하는 통합된 알고리즘을 바탕으로

LabVIEW기반 test bed를 구축하고, 이를 검증하였다.

II. 다중정보 화재감지 알고리즘 및 Test Bed 설계

화재감지 시스템은 발생한 화재에 대해, 열, 연기, 불꽃 등의 연소생성물을 자동적으로 감지하여 대피신호를 보내는 설비로, 감지기, 수신기, 발신기, 음향장치, 배선, 전원 등으로 구성되어 하나의 설비 역할을 하는 시스템이다. 이때, 화재 성상에 따라 적합한 화재감지기가 필요하며, 화재에 대한 피해를 최소화하기 위해 초기감지가 가능하고, 신뢰도가 높은 적절한 화재감지 시스템의 사용이 필요하다[4,5].

2.1. 화재 성상

화재는 다양한 연소생성물을 생성시키며, 이에 따라 적절한 감지와 대응이 필요하다. 대표적인 연소생성물로는 연기로 통용되는 에어로졸(aerosol), 열, 자외선, 적외선, 유독가스 등이 있다. 연기는 불완전 연소에 의해 발생하는 대기 중에 부유하는 입자들이고, 화재로부터 방출된 열은 빠른 화재부터 천천히 진행되는 훈소(smoldering) 화재까지 다양하다. 일반적으로 자외선과 적외선은 초기화재에서 방출되고, 일산화탄소(CO), 이산화탄소(CO₂) 및 수산화기(OH)로부터 방출되는 불꽃에서 나타나며, 불완전 연소시 방출되는 CO, CO₂와 같은 유독가스가 있다. 그러나 화재의 종류에 따라 연소생성물이 다르며, 또한 화재상황이 아닌 경우에도 연소생성물을 생성하는 경우가 있으므로, 화재감지 시스템의 설계에 이를 모두 고려되어야 한다[6].

2.2. 화재감지기

일반적으로 화재감지기는 Table 1과 같이 크게 열감지기, 연기감지기 및 불꽃감지기의 세 가지로 분류된다.

본 연구에서 구축한 test bed에서 사용된 감지기 형태는 상용되고 있는 열감지기, 연기감지기 및 CO감지기를 선정하였고, 열감지기는 정온식 스포트형, 연기감지기는 이온화식 스포트형, CO감지기는 적외선식 감지기를 각각 사용하였다. 그리고 독립된 열, 연기 및 CO의 세 가지 센서정보로부터 각각의 값들이 임계값을 넘는지를 판단하고, 판단결과를 통해 경보여부를 결정하는 통합된 알고리즘을 바탕으로 LabVIEW기반 test bed를 구축하고, 검증하였다.

2.3. 다중정보 기반 화재감지 시스템 알고리즘

화재감지 센서에서 발신된 세 가지 정보로부터 계속된 출력신호를 조합하여 화재상황과 비화재상황을 판

Table 1. Fire detector types

Type	Method	Form	
Heat detector	Differential perceiver	Spot type heat detector	
		Line type	Air pipe
			Thermocouple
	Constant temperature detector	Spot type	
Heat sensitive cable type			
Compensation type detector	-		
Smoke perceiver	Optical smoke detector	Spot type	
	Ionization smoke detector	Split type	
Fire detector	UV flame detector	-	
	IR flame detector	-	
	Complex type	-	
Other detector	Duct detector	-	
	Air sampling detector	-	
	Gas fire detector	-	

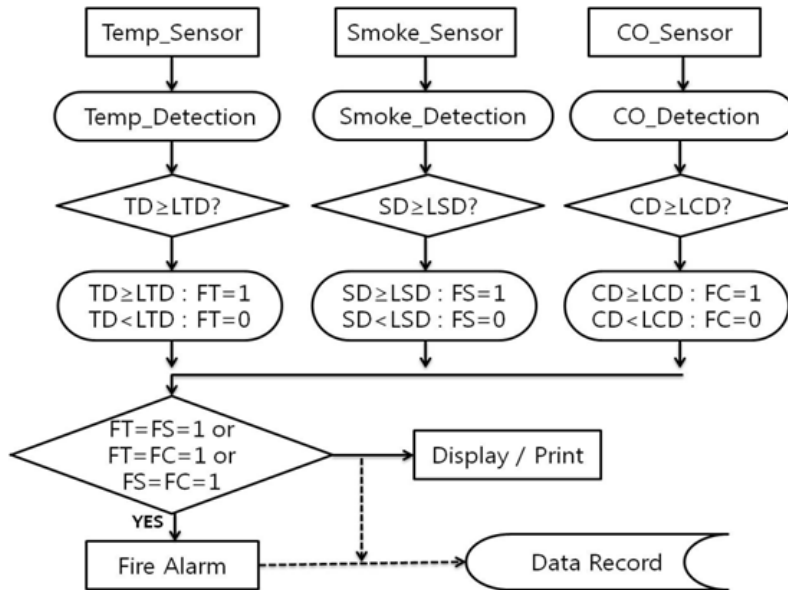


Fig. 3. Flow chart of fire detection and fire discrimination algorithm[4,8].

단하게 되며, 그 흐름도는 Fig. 3과 같다. 이때, 센서의 임계값은 일반적으로 사용되고 있는 값을 사용하였으

며, 설정값은 각각 열감지 센서 71℃, 연기감지 센서 15%/m 및 CO감지 센서 0.005 volume fraction이었다.

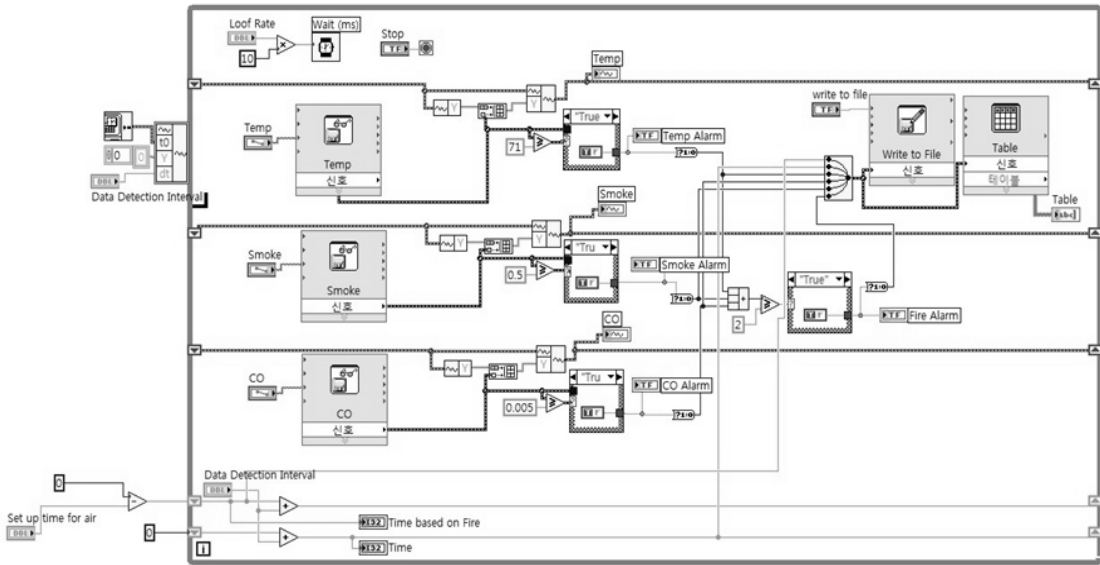


Fig. 4. Source code of test bed based on multi-sensor information.

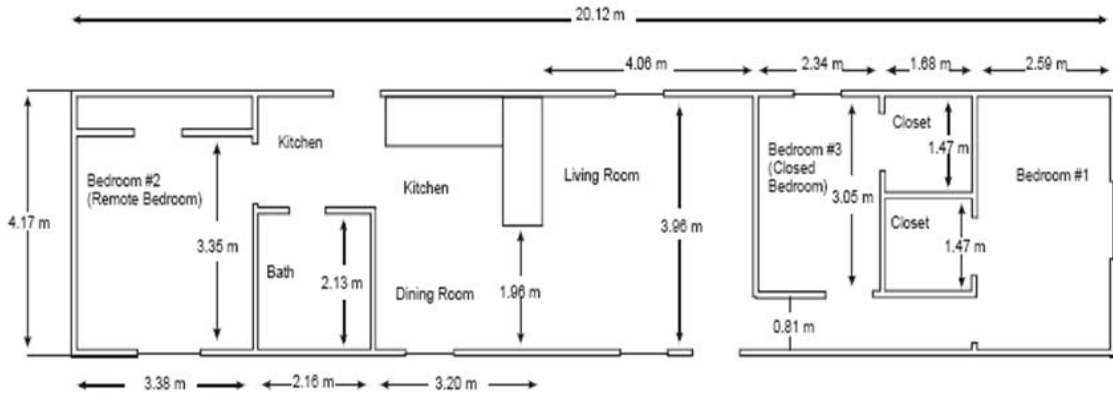


Fig. 5. Layout of manufactured home used for test of smoke alarm performance.

2.4. LabVIEW 기반 Test Bed 구축

National Instrument (NI) 사의 LabVIEW를 이용하여 test bed를 구축하였다. 이때, test bed의 소스코드는 Fig. 4와 같으며, 화재감지 이외에도 측정되고 있는 센서정보의 트렌드 분석이 가능하게 하였고, 시간에 따른 센서정보를 기록할 수 있도록 설계하였다[9].

III. 화재 시나리오 및 시뮬레이션

3.1. 화재 시나리오

화재 시나리오는 NIST의 Fire Research Division에서 2004년부터 2008년까지 수행한 home smoke alarm tests와 소방산업기술원의 화원의 종류에 따른 센서의 응답특성에 관한 연구자료로부터 선정하였고, 해당 데이터를 이용하여 test bed를 검증하였다. Home smoke alarm tests의 실험 시나리오는 Fig. 5와 같은 일반 주거지 형태의 공간에 화재가 발생된 상황과 화재감지 시스템에 혼란을 줄 수 있는 비화재상황의 경우이며, 시나리오에 따른 실험환경은 Fig. 6과 같다. 센서의 응답특성에 관한 실험 시나리오는 종이, 목재 및 유류

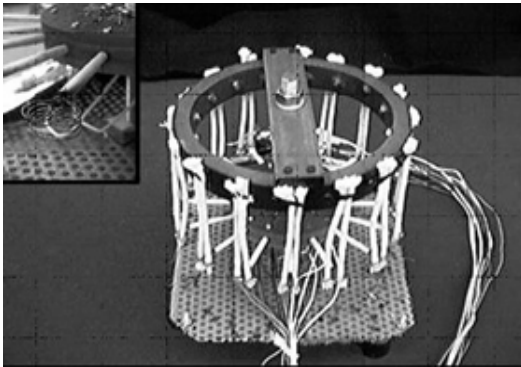
화재감지 오보 감소를 위한 다중정보기반 시스템의 Test Bed 설계



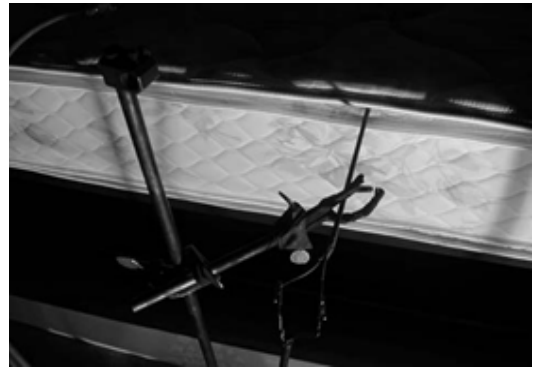
(a) Manufactured home



(b) Sensor board



(c) Smoldering source



(d) Smoldering ignition



(e) Flaming ignition



(f) Heating

Fig. 6. Installed sensors according to fire scenario.

의 세 가지 화원으로부터 감도시험기(chamber)를 이용하여 발생시킨 모형화재 실험이며, 그 구성도는 Fig. 7과 같다[10].

화재 시나리오를 바탕으로 화재상황과 비화재상황 중에서 일부데이터를 선정하여 시뮬레이션을 진행하였다. 이때, 화재에 해당하는 시나리오는 Table 2와 같

은 10가지의 경우에 대해, 그리고 화재감지 시스템에 혼란을 일으킬 수 있는 비화재상황은 Table 3과 같은 10가지의 경우에 대해 각각 시뮬레이션을 하였다. 이때, 시나리오 선정기준은 중복되지 않은 다양한 종류의 상황을 고려하였다.

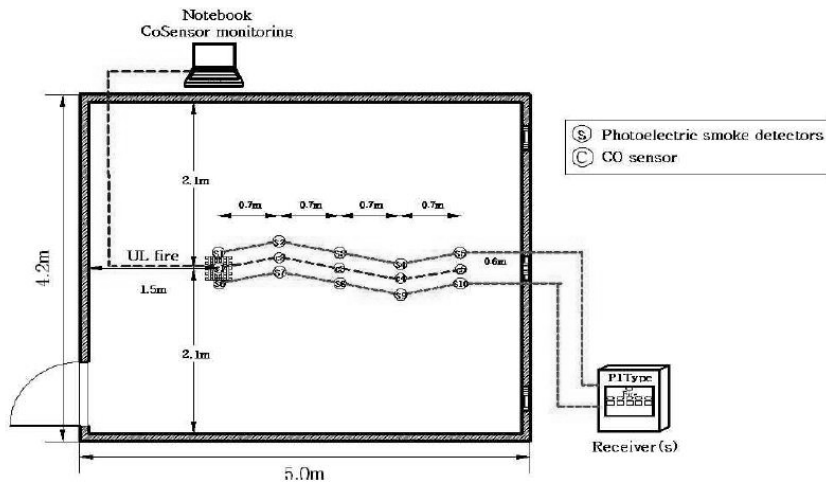


Fig. 7. Layout of fire model experiment using chamber.

Table 2. Ignition source for fire situation

Test	Ignition	Fuel package	Fire location
SDC02	Flaming	Chair	Living area
SDC05	Flaming	Mattress	Bedroom#2
SDC08	Smoldering	Mattress	Bedroom#2
SDC11	Smoldering	Chair	Living area
SDC12	Heating	Cooking oil	Kitchen area
SDC13	Heating	Cooking oil	Kitchen area
SDC15	Flaming	Chair	Living area
SDC31	Smoldering	Chair	Living area
SDC39	Flaming	Mattress	Bedroom#2
SDC41	Heating	Cooking oil	Kitchen area

Table 3. Ignition source for non-fire situation

Test	Nuisance sources
MHN06	Toasted bread, fan off
MHN09	225 g of bacon on gas burner, fan off
MHN24	225 g (1/2 package) of spaghetti, lid on, fan off
MHN28	14 g (1 tbs) margarine, cast iron pan, fan off
MHN33	Bake/broil pizza, fan on
MHN36	225 g of bacon on electric range, fan off
MHN38	Two cigarettes, fan off
MHN30	14 g (1 tbs) butter, cast iron pan, fan on
MHN31	14 g (1 tbs) butter, cast iron pan, fan off
MHN40	Smoldering PU foam block, fan off, (flamed)

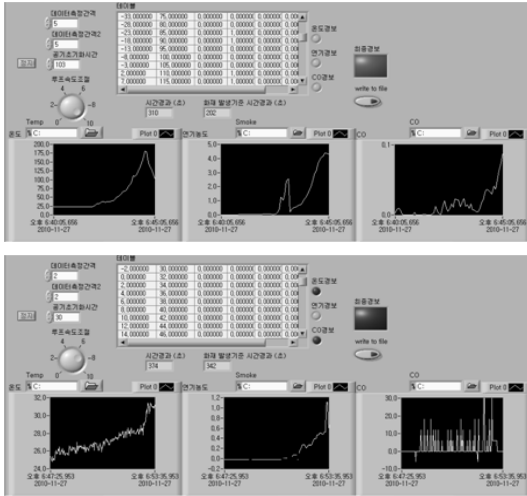


Fig. 8. Simulation according to scenario.

Table 4. Fire: Detected all fire situation

Test	Ignition	Fuel package	Fire location	Firealarm (s)	Temp.alarm (s)	Smoke alarm (s)	CO alarm (s)
SDC02	Flaming	Chair	Living area	146	146	110	-
SDC05	Flaming	Mattress	Bedroom#2	117	117	67	192
SDC08	Smoldering	Mattress	Bedroom#2	3721	3721	3721	3809
SDC11	Smoldering	Chair	Living area	3549	4303	773	3549
SDC12	Heating	Cooking oil	Kitchen area	1339	1207	1339	-
SDC13	Heating	Cooking oil	Kitchen area	1556	-	1556	1506
SDC15	Flaming	Chair	Living area	327	313	327	417
SDC31	Smoldering	Chair	Living area	1920	1920	1722	-
SDC39	Flaming	Mattress	Bedroom#2	128	108	128	-
SDC41	Heating	Cooking oil	Kitchen area	1206	1002	1206	-

Table 5. Non-fire: Detected all non-fire situation

Test	Nuisance sources	Fire alarm (s)	Temp. alarm (s)	Smoke alarm (s)	CO alarm (s)
MHN06	Toasted bread, fan off	-	-	-	0
MHN09	225 g of bacon on gas burner, fan off	-	-	124	-
MHN24	225 g(1/2 package) of spaghetti, lid on, fan off	-	-	147	-
MHN28	14 g(1 tbs) margarine, cast iron pan, fan off	-	-	103	-
MHN33	Bake/broil pizza, fan on	-	-	272	-
MHN36	225 g of bacon on electric range, fan off	-	-	135	-
MHN38	Two cigarettes, fan off	-	-	152	-
MHN30	14 g(1 tbs) butter, cast iron pan, fan on	-	-	324	-
MHN31	14 g(1 tbs) butter, cast iron pan, fan off	-	-	310	40
MHN40	Smoldering PU foam block, fan off, (flamed)	-	-	-	470

3.2. 시뮬레이션

3.1절에서 제안한 알고리즘을 통해 구축된 test bed에서 선택된 시나리오에 대해 시뮬레이션 하였다. Test bed를 구축하는 과정에서 화재상황의 시나리오와 최대한 유사한 상황을 표현하기 위해 데이터의 측정간격과 공기 초기화 시간의 설정이 가능함으로써 화재상황과 동일하게 설정하였다. 또한 원하는 구간의 데이터 트렌드와 순간의 화재감지 상태를 알 수 있도록 루프속도의 조절이 가능하도록 하였으며, 각 센서에 대한 트렌드뷰어, 경보장치 표시등을 추가하였다. 시나리오에 따른 시뮬레이션 과정은 Fig. 8과 같다 [11,12].

IV. 결과 및 고찰

3장의 화재 시나리오와 시뮬레이션 방법에 따라 본 연구에서 구축한 test bed에서 시뮬레이션한 결과를

살펴보면, Table 4와 같이 모든 화재상황을 감지하고, Table 5와 같이 모든 비화재상황을 비화재로 판단하였다. 이를 통해 false positive와 false negative와 같은 Type 1, 2 error가 하나도 없었으며, 본 연구에서 선정된 화재감지 시스템이 우수한 성능을 나타냄을 알 수 있었다.

따라서 화재감지기의 효과적인 작동여부에 대해서는 제한된 화재실험 이외에 실질적으로 검증할 수 있는 방법이 없기 때문에 본 연구에서와 같이 test bed의 구축하여 화재감지 시스템의 실질적인 성능평가에 폭넓게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

V. 결 론

본 연구에서는 독립된 다중정보를 이용한 화재감지 알고리즘을 바탕으로 test bed를 구축하고, 주어진 시나리오에 따른 화재 시뮬레이션을 수행하였다. 그 결과, 현재 시중에서 사용 중인 단일정보 또는 이중정보기반 화재 시스템과 비교하였을 때 화재상황과 비화재상황의 오보 가능성을 감소시킬 수 있었다. 감지 속도의 측면에서 두 가지의 독립된 정보를 동시에 검증해야 하기 때문에 기존의 화재 감지기보다 반응속도가 느렸지만, 감지기의 설치 대상(설치 목적)과 위치 선정(설치 특성)을 고려함으로써 그에 적합한 감지기 타입을 선택하고, 임계치를 설정함으로써 보다 나은 감지성능을 발휘할 것이라 판단된다.

감사의 글

본 연구는 2012년 소방방재청 주관 차세대핵심소방안전기술개발사업의 지원(과제번호: 2012-NEMA 06-009-01030000-2012)으로 이루어진 것으로 본 연구를 지원해 주신 소방방재청 관계자분들께 감사드립니다.

참고문헌

- [1] National Emergency Management Agency, National Fire Data System, <http://www.nfds.go.kr/>
- [2] Hunter, M. *False alarm reduction by use of new technology*, IFP, 55-58, (2006)
- [3] National Institute of Standards and Technology (NIST), *Home Smoke Alarm Tests*, <http://smokealarm.nist.gov/>
- [4] Son, Y.-J., Lee, Y.-I., and Lee, S.-H., "Research on the Reliability Improvement of Automatic Fire Alarm System", *J. of Korean Institute of Fire Sci. & Eng.*, **22**(4), 42-49, (2008)
- [5] Lee, H.-C., Kim, T.-H., and Hwang, I.-J., "Study on the Construction of Fire Detection and Reasoning System Using Multi-Sensor(I), *Proceedings of Winter Conference of The Society of Air-Conditioning and Refrigeration Engineers of Korea*, Nov., 705-710, (2003)
- [6] Scheidweiler, A., "The Distribution of Intelligence in Future Fire Detection Systems", *Fire Safety J.*, **6**, 209-214, (1983)
- [7] Kim, S.-H and Youk, Y.-S., "Design of intelligent fire detection / emergency based on wireless sensor network", *J. of Fuzzy Logic and Intelligent Systems*, **17**(3), 310-315, (2007)
- [8] Milke, J. A., Cestari, L. A., and Clarence, W., "Advanced Fire Detection Algorithms Using Data from the Home Smoke Detector Project", *Fire Safety J.*, **40**(1), 1-28, (2005)
- [9] Thuillard, M., "New Methods for Reducing the Number of False Alarms in Fire Detection Systems", *Fire Technology J.*, 250-268, (1984)
- [10] Dan, S., Park, K., Kim, T.-O., and Shin, D., "Explosion Simulations for the Quantitative Risk Analysis of New Energy Filling Stations", *KIGAS*, **15**(1), 60-67, (2011)
- [11] Park, K., Lee, K., El Hardi, B., Lee, J., and Shin, D., "Smoke Control According to the Ventilation Capacity in Subway Tunnel Fire: I. FDS Simulation", *KIGAS*, **15**(3), 31-38, (2011)
- [12] Lee, K., Shin, Y., Hong, G. H., Joo, K., Shin, D., and Kim, T.-O., "Sprinkler Layout Optimization Based on Fire Simulation and Mathematical Programming including Installation and Damage Costs", *KIGAS*, **16**(2), 52-59, (2012)