

지능형 화재 감지 및 화재타깃형 소화기기 개발 연구

김 명 생*

*ICT 폴리텍 대학 정보통신학과 교수

Development of Intelligent Fire Detection and Target Fire Extinguishing Equipment

Myeong-Saeng Kim*

*Professor, Department of Information and Communication, ICT Polytechnic Institute of Korea, Gwangju 12777, Korea

[요 약]

본 연구는 화재 감지형 타깃형 소화기에 관한 것으로서, 불꽃에서 발생하는 적외선 감지를 통하여 불꽃에 집중 소화액을 분사하여 화재를 자동으로 신속하고 정확하게 진화할 수 있도록 한 것이다. 불꽃의 빛을 감지하는 화재감지기와 불꽃을 향하여 소화액을 집중적으로 분무하는 타깃소화건으로 구성하였다. 기존의 소화기가 무인 소화가 아닌 화재를 발견한 사람의 조작을 통하여 이루어져 사람이 없는 야간에 누전 등으로 발생하는 화재는 진압할 수 없는 문제점이 있다. 또한, 화재 발생 시 자동으로 작동하여 화재를 진압할 수 있게 한 스프링클러 등을 갖추고 있으나 이는 화재 초기에 소화하는 것이 아니며, 불꽃을 집중적으로 소화하는 것이 아니어서 화재 초기에 화재진압효율이 낮은 문제점을 가지고 있다. 본 연구에서는 화재초기에 화재를 진압함으로써 낮은 화재진압 효율을 개선하기 위한 것이다.

[Abstract]

This study is about a fire-detecting target type fire extinguisher. It is possible to extinguish a fire automatically and quickly and accurately by spraying a concentrated fire extinguishing liquid on the flame through infrared detection generated from the flame. It consists of a fire detector that detects the light of the flame and a target fire extinguishing gun that intensively sprays the fire extinguishing liquid toward the flame. Since the conventional fire extinguisher is carried out through the operation of a person who discovers the fire, not by unmanned fire extinguishing, there is a problem that a fire occurring due to a short circuit at night when there is no person cannot be suppressed. In addition, it is equipped with sprinklers that can extinguish the fire by automatically operating it when a fire occurs, but this is not extinguished in the early stages of the fire, and it does not intensively extinguish the flame, so it has a problem of low fire suppression efficiency in the early stages of the fire. This study is to solve the problem of low fire suppression efficiency by discovering and extinguishing a topic in the early stages of the fire.

색인어 : 지능형, 소화기, 적외선 센서, 자동분사, 인공지능**Keyword** : Intelligent, Fire Extinguisher, Infrared Sensor, Automatic Injection, Artificial Intelligence<http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2023.24.12.3233>

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 31 October 2023; Revised 21 November 2023

Accepted 24 November 2023

*Corresponding Author; Myeong-Saeng Kim

Tel: +82-31-760-3389

E-mail: mskim@ict.ac.kr

I. 서 론

소방청은 2010년 화재 및 사망자를 줄이기 위하여 ‘화재와의 전쟁’을 선포하였으며, 2013년에 ‘화재피해저감정책’, 2018년 ‘화재안전특별대책’ 등 지속적인 화재예방 및 저감을 위한 정책 추진으로 화재와 인명피해가 감소하는 결과로 이어졌다[7]. 그러나 사회경제발전과 건축물의 고층화와 복합화 및 다양한 에너지원을 사용하는 시설의 증가에 따라 화재로 인한 재산 피해는 급격히 증가하고 있는 추세이다. 화재 통계에 따르면 최근 10년간(2013년~2022년) 발생한 평균 화재 건수는 41,257건, 인명피해 2,287명(사망 317명, 부상 1,970명), 재산피해 652,8백만 원으로 나타났다[7]. 화재는 모두에게 막대한 피해를 주는 재난으로 화재 발생 초기에 진압하여 인명과 재산 피해를 줄이는 것은 앞으로도 우리의 숙제이다. 화재는 인지 후 골드 타임 5분 이내에 진압하는 초기 대응이 매우 중요하다. 기존의 화재감지기는 감지 대상과 감지 방식 등에 따라서 열감지기, 연기 감지기, 불꽃 감지기 등으로 구분되어 진다[3]. 연기 감지기에서는 전류가 흐르는 회로를 이용해 연기를 감지하는 이온화식 감지기(Ionization Detector), 광원과 감광셀을 사용하는 광전식 연기 감지기(Photoelectric Smoke Detector)가 있으며, 열감지기에는 온도가 일정 온도 이상 올라가면 내부 바이메탈(Bimetal)이 서로 붙게 되는데 이를 통해 열을 인식하는 정온식 감지기(Fixed Temperature Detector)와 외부 열에 의한 열팽창(Thermal Expansion)을 이용한 차동식감지기(Rate of Rise Detector)로 나뉜다[1]. 하지만 화재가 발생하였을 시 이를 감지하는데 오랜 시간이 걸리며, 이러한 감지기 때문에 인지가 되었을지라도 화재 진압을 할 수 있는 물리적인 요소 부재 시 막대한 희생을 치러야 한다. 2022년도 소방청의 화재통계 분석에 의하면 소방방화시설 미사용에 따른 인명 및 재산피해 비율이 더욱 높은 것으로 나타나고 있다. 화재가 발생했을 때 소방방화시설 보유 및 화재에 대하여 얼마나 빨리 대처하느냐에 따라 인명피해와 재산피해의 정도가 달라진다. 이에 초기화재 진압 목적의 지능형 자동소화기를 개발할 필요가 있다. 따라서, 본 연구는 화재 감지형 타킷형 소화기에 관한 것으로서, 화원에서 발생하는 적외선 감지를 통하여 화원에 집중 소화액을 분무하여 다른 부위 오염 없이 화재를 신속하고 명확하게 진화할 수 있도록 하는 것에 그 목적을 두고 있다.

표 1. 최근 10년간 화재 현황[7]

Table 1. Fire status for 10 years[7]

Year	2013	2014	2015	2016	2017
Number of fire occurrences	40,932	42,135	44,435	43,413	44,178
Year	2018	2019	2020	2021	2022
Number of fire occurrences	42,338	40,103	38,659	36,267	40,113

표 2. 소방방화시설 사용여부별 화재현황[7]

Table 2. Fire status by fire protection facility use status[7]

Use or not	Fire	Death	Injury	Casualty/case	Property damage/case
Use	12,116	52	868	0.08	29,392.6
Not	5,719	70	410	0.08	42,495.6
Unknown	1,266	42	133	0.14	91,511.4

II. 본 론

2-1. 화재 감지 및 소화 방법

1) 화재 감지 방법 선택

화재 감지는 여러 가지 방법으로 감지할 수 있다. 감지는 통상적으로 열감지기, 연기 감지기, 광전식 감지기, 불꽃 감지기 방법 등이 있다[2],[8]. 그중 불꽃 감지는 불꽃에서 방사되는 불꽃의 변화가 일정량 이상 되었을 때 작동하는 것으로 화원의 불꽃에 의한 수광소자의 수광량 변화에 따라 작동하는 감지기이다[1]. 그 종류는 자외선식과 적외선식이 있다. 그중에서 본연구 개발에서는 적외선을 감지하여 화원을 찾아 소화하는 방법을 제시한다.



그림 1. 불꽃 감지 적외선 센서

Fig. 1. Flame detection infrared sensor

2) 적외선 불꽃 감지기의 작동원리 및 구조

적외선 감지(IR 감지)는 불꽃에서 방사되는 적외선의 변화가 일정량 이상이 될 때 작동하는 것으로 화재로 인한 불꽃에서 방사하는 적외선에 의해 수광소자의 수광량 변화에 의하여 작동하는 것을 말한다. 연소시 탄산가스 분자는 약 4.3 μ m의 적외선 파장영역에서 공명 반사가 존재한다[10]. 이 분광특성을 이용하여 이 공명선만을 검출하는 광학필터를 사용하며, 이때 적외선 감지기는 화재 발생 시 분출되는 탄산가스의 파장에 의하여 화재를 인식하게 된다. 따라서 연기 등의 영향을 거의 받지 않는다[9].

적외선 화재감지기는 화재 극 초기에 해당하는 1단계에서 화재를 인식해 자체 경보와 스마트폰 앱을 통해 알려준다. 불꽃의 위치 좌표를 확인할 수 있어 국소 공간의 화재 진압이 가능하게 한다[4].

초전형 적외선 센서는 대상물의 온도 변화에 의하여 미약한 아날로그 신호를 출력한다. 이를 효과적으로 사용하기 위하여 연산증폭기를 사용하여 신호를 증폭할 필요가 있다. 센서의 출력은 바이어스 전압으로서의 직류 성분에 신호 성분이 겹친 형태로 나타난다. 이 직류 분은 교류 증폭단의 바이어스 전압이 되고, 신호 성분만이 증폭된다. 일반적으로 적외선 불꽃감지기의 오보 원인을 최소화하기 위하여 불꽃의 흔들림의 변화를 검출한다. 이러한 방법이 적외선 센서에서의 출력 특성에 일치하는 최적의 화재 감지 방법으로 사용된다.

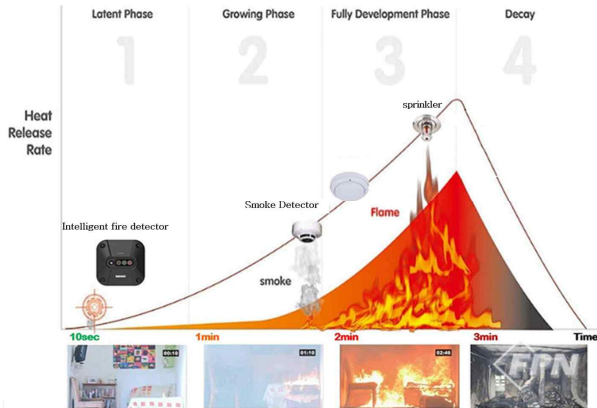


그림 2. 화재감지기 종류별 화재 인식 가능한 시간비교[4]
 Fig. 2. Fire recognizable time comparison by fire detector type[4]

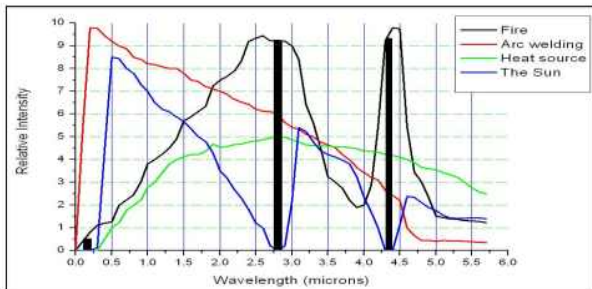


그림 3. 스펙트럼분석시 적외선 감지파장[10]
 Fig. 3. Infrared sensing wavelength[10]

2-2 소화기 구조 및 소화 방법

1) 소화기 구조

초기화재진압 방법으로는 가정용 소화기를 많이 사용하고 있으며, 또는 현대식 건물에는 스프링클러(sprinkler)가 설치되어 있다. 대부분 화재감지기는 최초 발화 1분 이후인 화재 2단계에 화재를 감지하므로, 연기와 화염으로 인해 진압과 대피가 어려웠다[8]. 그리고, 기존의 화재소화기는 주로 화재가 발생하였을시 육안으로 확인 후 사람의 손으로 들고 사용할 수 있도록 제작이 되어 있으며, 또한 스프링클러는 실내 온도 72도가 넘어야 작동되므로, 실내에 있는 사람의 안전을 확보

할 수가 없었다[5]. 스프링클러는 화재가 발생했을 때 열을 감지해 자동으로 물을 뿌리는 장치로 보통 천장에 달려 불을 끄는 최고의 수단이다. 불이 난 곳에 물을 뿌리면 온도를 발화점 아래로 낮춰주고, 수증기는 산소를 차단해 불을 즉시 끈다. 수도관이 연결된 곳이라면 대량의 물을 쉽게 구할 수 있어 설비하기에도 좋다. 스프링클러는 화재를 감지하면 자동으로 물을 뿌려서 화재가 번지는 것을 막는 임무를 수행한다[8]. 그러나 스프링클러의 설비상의 문제점도 존재하지만, 운영상의 문제점도 보유하고 있다. 화재가 확대되고 난 이후에 감지기가 화재를 감지하게 되고 화재를 완전히 진압할 목적으로 설치된 스프링클러는 매우 촘촘히 배치하며 물을 대량으로 뿌린다. 스프링클러가 무작위 넓은 지역을 화재 진압함으로써 의도하지 않은 지역까지 소화액 또는 물로 오염이 되고 사후 처리 문제를 야기 시킨다.



그림 4. 화재 진압 방법론
 Fig. 4. Fire fighting methodology evolution

본 논문에서는 화재 초기에 화원에서 발생하는 복사열에 포함된 적외선 감지를 통하여 화원을 신속하게 감지하고 자동 타킷소화건으로 화원에 집중 소화액을 분무하여 사람이 없는 상황에서도 화재를 신속하고 명확하게 진화되는 효과를 갖는 것이다.

2) 지능형 화재 감지 자동 타킷 소화기 구조

지능형 화재 감지형 소화기 구조는 소화기 본체와 화원 감지기, 타킷소화건, 소화기 본체 한쪽 면에서 장착되는 소화액 탱크, 화원 감지기와 타킷소화건의 작동을 제어하는 제어부와 전원을 공급하는 전원부로 구성하였다.

소화기 본체는 벽면에 장착할 수 있도록 판상으로 형성되고, 화원 감지기는 소화기 본체의 하부에 화원의 빛을 감지하도록 원판에 적외선 센서가 가로와 세로 간격으로 배열이 형성된 감지 센서 판과 감지 센서 판의 상부에 결합하며 돔형상으로 이루어지고 돔 표면에 빛을 집광하는 집광렌즈가 같은 간격으로 갖춰지는 열 집광렌즈 돔으로 구성하여 화원을 명확하고 신속하게 감지할 수 있게 한다. 그리고, 소화기의 타킷소화건은 소화기 본체 제어부의 제어에 따라 움직일수 있도록 하였으며, 화원을 향하여 소화액을 분무하도록 제어부의 제어로 소화액 공급을 제어하는 소화액 밸브와 연결하였다. 소화기 본체에 3차원 회동 결속 수단에 의하여 결속되는 소화노즐을 반경 방향으로 가동할 수 있게 반경 방향으로 정공형의 노즐 구속 공을 형성하여 회전되는 회전 링 기어, 소화기 본체에 장착되어 회전 링 기어와 맞물려 제어부의 제어에 따

라 소화 노즐을 회전 가동하는 노즐 회전 모터, 회전링기어의 한쪽에 일단이 결합하였다. 노즐 구속 공에 구속된 소화 노즐을 회전 링 기어의 회전에 따른 위치 변위를 흡수하여 측 방향으로 회전할 수 있게 구속하는 축 심 방향으로 장공형의 암장공을 형성한 위상 조절 암, 위상조절암의 경첩축과 축결합되어 제어부의 제어에 따라 소화 노즐이 위상회동 되게 위상 조절 암을 회동시키는 위상 모터로 구성하였고, 소화액 탱크는 소화기 본체의 다른 한쪽에 타킷소화건으로 소화액을 공급할 수 있도록 소화액 밸브와 연결된 탱크장착구에 원터치로 장착되게 구성하였다.

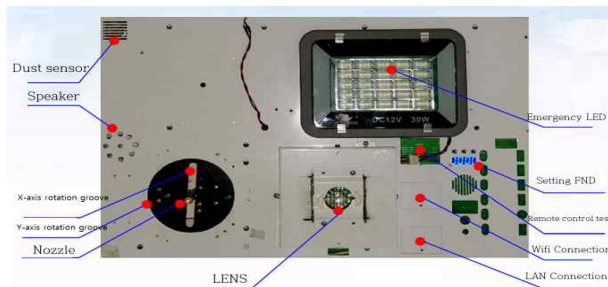


그림 5. 지능형 자동타킷 소화기 부품
 Fig. 5. Intelligent automatic target fire extinguisher



그림 6. 자동타킷 소화기 본체
 Fig. 6. Automatic target fire extinguisher body

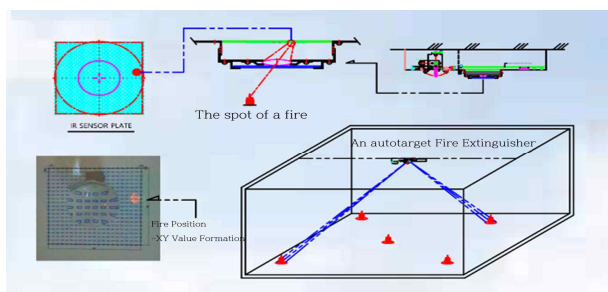


그림 7. 건물 내부 초기화재 분사 도면
 Fig. 7. Drawing of the initial fire spray inside the building

3) 자동타킷 소화기 작동 방법

화재가 발생(그림 8(a))하면 가시광선 영역 이후의 긴 파장 대의 4.3μm대의 적외선 영역에서 최대에너지를 방출한다. 화

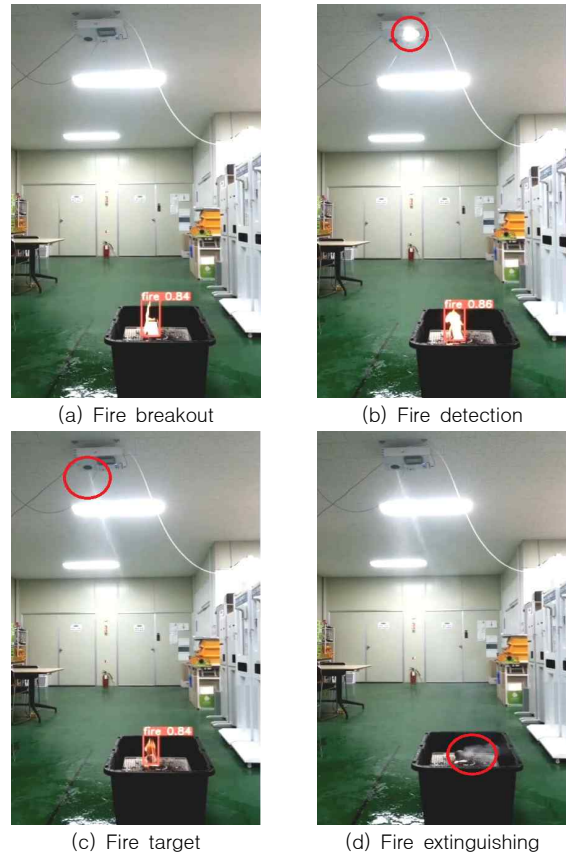


그림 8. 화재진압 절차
 Fig. 8. Fire extinguishing procedures

표 3. 지능형 화재 감지 및 화재타킷 소화기 장점
 Table 3. Intelligent fire detection and fire target fire extinguisher advantages

Advantage	Explanation
Automated fire response	Target fire extinguishers have the ability to automatically detect and extinguish initial fires. It is the advantage of enabling quick and accurate fire response without human intervention. It can shorten the response time in emergency situations.
Select the best extinguisher equipment	The best fire extinguishing for initial fire type enables more efficient fire suppression than the existing method of using only general fire extinguishing agents. This allows an appropriate response strategy to be adopted depending on the type of fire.
Real-time monitoring and data analysis	Sensor data can be monitored and analyzed to identify fire conditions and fluctuations. Such monitoring and data analysis can help improve performance, including improving initial detection rates and false alarm rates.
Install in various places	It can be installed in various places, including areas that require 24-hour surveillance for initial fire response. <ul style="list-style-type: none"> - Families with disabilities who have difficulty moving - Old people living alone - Places that require 24-hour surveillance, such as factories, warehouses, etc.

원의 불꽃을 적외선 불꽃 감지기에서 신속하게 감지하여 초기화재로 인식하여 자체 경보(그림 8(b))와 스마트폰 앱을 통해 알려준다, 그리고, 화원까지의 거리와 방향을 측정, 분석하여 자체 소화 노즐을 통하여 정확한 위치(그림 8(c))의 화재를 초기 단계(그림 8(d))에서 자동 진압한다.

2-3 지능형 화재 감지 및 자동화재 타킷 소화기 장점

초기화재 감지와 진화는 생명과 재산의 손실을 최소화하는데 중요한 역할을 한다. 전통적인 소화기는 효과적인 수단이지만, 사용자가 적절하게 작동시키지 못하거나 빠르게 접근하지 못할 경우 제한된 효과만 발휘한다. 결과적으로 초기 단계의 화재 감지가 매우 효과적이며, 직접적인 진압 동작을 수행함으로써 큰 규모의 화재 발생을 예방할 수 있다[11]. 이에, 본 논문에서 제시하는 지능형 화재 감지 및 화재 타킷 소화기는 기존의 소화 시설과 비교해서 다음과 같은 장점을 보유하고 있다.

III. 결 론

일반적으로, 소화기는 초기화재를 진압하는 데 사용하는 것이다. 일반적인 소화기는 소화액이 저장된 소화액 탱크와 소화액 탱크에 결합한 소화노즐 및 소화액의 분사를 조작하는 소화 손잡이로 구성되어 있다. 소화기는 소화 호스를 화원을 향해 하고 소화 손잡이를 잡아당겨서 화원에 소화액을 분무하여 화재를 진압하는 것이다. 그리고, 화재를 발견한 사람의 조작을 통하여 이루어지는 것으로서, 사람이 없는 야간에 누전 등으로 발생하는 화재는 진압할 수 없는 문제점이 있었다. 또한, 건축물에는 화재 발생 시 자동으로 작동하여 화재를 진압할 수 있게 한 스프링클러 등을 갖추어 실시하고 있으나 이는 화원을 집중하여 소화하는 것이 아니어서 화재진압 효율이 낮다는 문제점과 광역의 지점을 오염시키는 문제점이 있었다.

따라서, 본 논문에서 개발 제안하는 것은 소화기 본체에서 화원의 빛을 적외선 감지기가 화재초기에 감지하여 화재가 발생한 초기 화원을 중심으로 무인 자동 타킷소화건으로 소화액을 공급함으로써 화원을 신속하게 감지하고 타킷소화건으로 화원에 소화액을 집중 분무하여 화재를 신속하고 명확하게 진화되는 효과를 갖도록 개발 하였다. 향후 연구를 더 진전하여 화재발생지점의 사각 지점이 생기지 않도록 고정형과 이동형을 연동하는 방법으로 연구·개발할 방향이다.

감사의 글

본 연구는 2023년도 과학기술정보통신부의 초고속인력양성사업으로 ICT 폴리텍대학 지원에 의한 결과임.

참고문헌

- [1] S. Son and S. Suh, "Deep Learning Based Fire and Smoke Detection Systems in Camera," *Journal of Knowledge Information Technology and Systems*, Vol. 17, No. 6, pp. 1251-1258, December 2022. <https://doi.org/10.34163/jkits.2022.17.6.016>
- [2] S. H. Park, D. H. Kim, and S. C. Kim, "Analysis of Unwanted Fire Alarm Signal Pattern of Smoke/Temperature Detector in the IoT-Based Fire Detection System," *Journal of the Korean Society of Safety*, Vol. 37, No. 2, pp. 69-75, April 2022. <https://doi.org/10.14346/JKOSOS.2022.37.2.69>
- [3] J.-J. Jung and S.-J. Song, "Development of a Flame Detector Using a 4-Wavelength Infrared Sensor," *Fire Science and Engineering*, Vol. 35, No. 4, pp. 107-113, August 2021. <https://doi.org/10.7731/KIFSE.386e210f>
- [4] KRISS (Korea Research Institute of Standards and Science), *Intelligent Fire Detector*, Author, Daejeon, June 2021.
- [5] C.-W. Lee and B.-S. Son, "A Study for Performance Improvement of Fire Detector and Sprinkler Head in Apartment Houses," *Fire Science and Engineering*, Vol. 29, No. 1, pp. 38-44, February 2015. <https://doi.org/10.7731/KIFSE.2015.29.1.038>
- [6] J. Kim, S. Park, C. Hong, S. Park, and J. Lee, "Development of AI Detection Model Based on CCTV Image for Underground Utility Tunnel," *Journal of the Society of Disaster Information*, Vol. 18, No. 2, pp. 364-373, June 2022. <https://doi.org/10.15683/kosdi.2022.6.30.364>
- [7] National Fire Agency, *2022 Fire Statistics Yearbook*, Author, Sejong, 11-1661000-000011-10, pp. 21-32, August 2023.
- [8] R. Garcia-Martin, A. González-Briones, and J. M. Corchado, "SmartFire: Intelligent Platform for Monitoring Fire Extinguishers and Their Building Environment," *Sensors*, Vol. 19, No. 10, 2390, May 2019. <https://doi.org/10.3390/s19102390>
- [9] S. Verstockt, A. Vanoosthuysse, S. Van Hoecke, P. Lambert, and R. Van de Walle, "Multi-Sensor Fire Detection by Fusing Visual and Non-Visual Flame Features," in *Proceedings of the 4th International Conference on Image and Signal Processing (ICISP 2010)*, Trois-Rivières, Canada, pp. 333-341, June-July 2010. https://doi.org/10.1007/978-3-642-13681-8_39
- [10] B.-H. Lim, *A Study on the Improvement of the Characteristic of Ultraviolet Infrared Flame Detector for Fire Detection*, Ph.D. Dissertation, Chosun University, August 2006.
- [11] P. Chamoso, A. González-Briones, F. De La Prieta, and J. M. Corchado, "Computer Vision System for Fire Detection and Report Using UAVs," in *Proceedings of the Robust*

Solutions for Fire Fighting (RSFF '18), L'Aquila, Italy, pp. 40-49, July 2018.



김명생(Myeong-Saeng Kim)

1992년 : 경상국립대학교 전자공학(학사)

2000년 : 건국대학교 대학원(석사)

2007년 : 공주대학교 대학원 (박사수료)

2003년~현 재: ICT 폴리텍 대학 정보통신학과 부교수

※ 관심분야 : 광통신(Optical communication),

전자제어(Electronic control), 사물인터넷(IoT)