

UV/IR센서 결합에 의한 불꽃 영상검출의 설계 및 분석

Design and Analysis of Flame Signal Detection with the Combination of UV/IR Sensors

강 대 석¹
 Daeseok Kang

김 은 중¹
 Eunchong Kim

문 필 재²
 Piljae Moon

신 원 호²
 Wonho Sin

강 민 구^{3*}
 Min-goo Kang

요 약

본 논문에서는 자외선(UV, ultraviolet) 및 적외선(IR, infrared) 센서를 결합함으로써 불이 연소하면서 방출하는 빛의 과정을 활용한 영상신호를 검출하는 결합형 불꽃영상 검출시스템은 적외선 센서와 자외선 센서 기반의 신호처리 알고리즘 설계방안을 제안한다. 또한, 설계한 듀얼모드인 결합형 불꽃영상 검출시스템은 단독형 적외선 또는 자외선 센서 기반의 영상검출 알고리즘의 검출 성능결과를 비교한다.

주제어 : 적외선(IR)센서, 자외선(UV)센서, IR/UV센서 결합, 신호처리 알고리즘, 불꽃영상검출

ABSTRACT

In this paper, the combination of ultraviolet and infrared sensors based design for flame signal detection algorithms was proposed with the application of light-wavelength from burning. And, the performance result of image detection was compared by an ultraviolet sensor, an infrared sensor, and the proposed dual-mode sensors(combination of ultraviolet and infrared sensors).

keyword : IR, UV, Combination IR/UV sensors, Signal processing, Flame image detection

1. 서 론

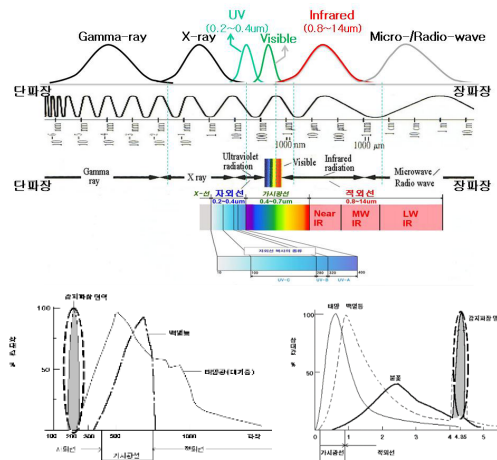
화재를 인식하는 불꽃감지 방법으로 마찰, 단일 압축, 자연발화, 전기불꽃, 열선, 광선 등이 발화원의 탄소를 함유한 가연성 물질이 산소와의 산화 반응에 따라 연소를 진행할 때 발생하는 연소 생성물은 열과 연기, 불꽃(flame), 연소가스 연소음을 감지하여 수신기로 신호를 발생하는 것을 화재감지기(fire detector)라 한다[1].

기존에는 연소 초기에 화염으로 전이되는 가연성 액체·기체의 불꽃에서 방사되는 복사 에너지를 검출하는 열과 연기를 감지용하였다[2].

본 논문에서는 자외선(UV)과 적외선(IR)센서를 결합한 듀얼밴드용 자외선/적외선 센서기반의 결합형 신호처리 알고리즘을 설계하였다.

2. UV/IR 센서 분석 및 활용설계

불꽃영상은 연소시 발생하는 스펙트럼 분포도에 따라 다르며, (그림 1)처럼 불꽃영상은 가시광선 파장보다 짧



(그림 1) 연소시 UV/IR의 스펙트럼 분포도 분석
 (Fig. 1) Spectrum Analysis for UV/IR in Flame

1 Golden Wheels Defense Fire Co., LTD, Seongnam, 463-760, Korea

2 KMS Co., LTD, SeongnamS, 462-723, Korea

3 Inform. & Telecom., Hanshin Univ, Osan, 447-791, Korea

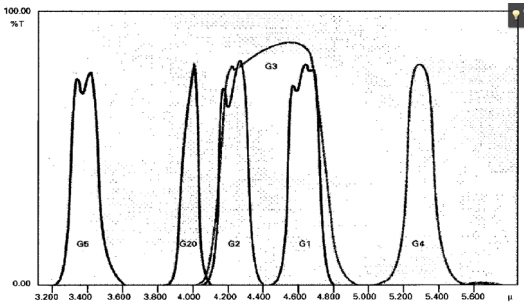
* Corresponding Author (kangmg@hs.ac.kr)

[Received 13 January 2013, Reviewed 4 February 2013, Accepted 28 March 2013]

은 파장대의 185~260nm의 자외선 파장영역과 가시광선 영역이후의 긴 파장대의 4.3μm대의 적외선 영역에서 최대 에너지를 방출한다.

따라서, 본 논문에서는 자외선(UV)영역 185- 260nm, 적외선(IR)영역 4.3um의 영상신호 검출을 활용한다.

2.1 IR 센서분석 및 활용설계

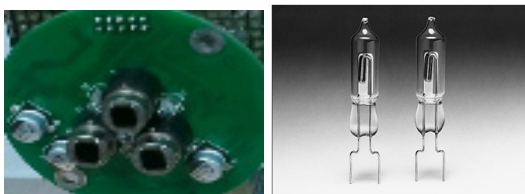


(그림 2) 적외선영역에서 불꽃의 적외선 파장분석
(Fig. 2) IR Spectrum Analysis of Flame

적외선영역에서 불꽃을 감지하지 위해서는 그림 2와 같이 적외선 영역의 불꽃의 적외선을 검출 소자로는 초전형 적외선 센서에 특정 파장 영역을 통과시키는 광학 필터를 채용한 센서로 중심파장이 각각 4.64um, 4.48um, 4um인 LHI 807-G1, G3, G20 세 가지 센서를 사용하며 각 센서의 파장 범위의 적외선 검출 센서를 활용한다[3].

2.2 UV 센서분석 및 활용설계

또한, 자외선 검출 소자로는 방전에 의한 전류의 가스 증배 효과와 금속의 광전 효과를 이용한 UV Tron을 사용하여 화재 불꽃의 파장 대역 중 자외선 영역을 검출하도록 185nm~260nm의 파장을 효과적으로 검출 가능한 센서를 활용한다.



(그림 3) 적외선(LHI 807)/자외선센서(UV Tron)
(Fig. 3) IR Sensor (LHI 807)/UV Sensor(UV Tron)

2.3 UV/IR 센서 기반의 검출시스템 설계

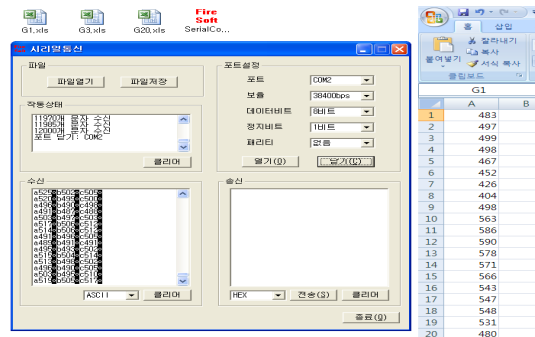
적외선 센서와 자외선 센서 신호의 직렬통신에 의한 데이터 전송을 위해서는 마이크로 컨트롤러(ATmega128)의 UART통신을 통하여 PC로 전송한다. 이때 ATmega128은 10비트 분해능력으로, 8채널을 합성하는 다중화기의 A/D변환기(Analog to Digital Converter)가 내장되어 있다.

적외선 센서의 경우 증폭기를 거쳐서 나오는 신호가 시간에 대해 연속인 아날로그 신호를 분석하기 위한 ADC는 세 가지의 적외선 센서가 순차적으로 샘플링되며 양자화 속도(sampling rate)는 약 200Hz이다.

자외선 센서의 경우 방전이 반복되어 디지털적인 펄스열 형태의 자외선 센서신호는 마이크로 컨트롤러에 부착된 타이머/카운터를 이용하여 방전시 발생하는 펄스열을 카운트함으로써 불꽃영상 감지여부를 판단한다[4].

2.3.1 UART통한 적외선 센서 데이터 분석

(그림 4)는 마이크로 컨트롤러의 ADC를 통해 변환된 적외선 센서신호를 UART 시리얼통신을 통해 PC로 전송함으로써 각 센서별로 Excel파일 형태로 저장한다[5].

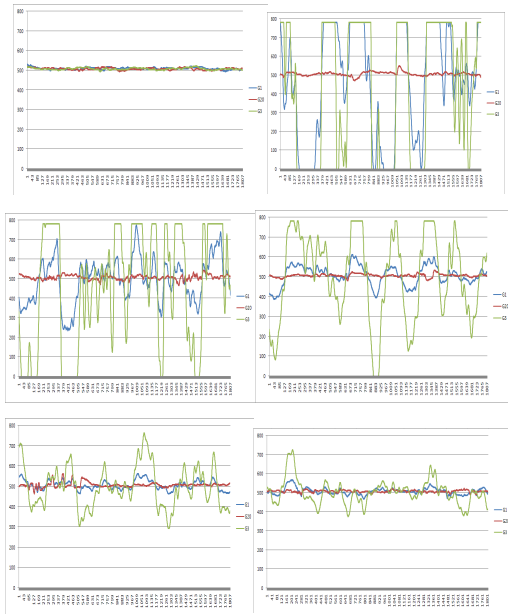


(그림 4) UART통한 적외선 센서 데이터 결과
(Fig. 4) Result of IR Sensor with UART

(그림 5)는 부탄가스 버너의 거리별 Excel파일로 저장된 데이터를 이용하여 적외선 센서 신호의 그래프를 만들었다.

(그림 5)에서 부탄가스 버너의 불꽃에 대한 거리별 데이터 분석으로 환경별로 평상시와 부탄가스 버너를 이용하여 거리별로 10초간 취득하였다.

이때 취득한 불꽃 영상을 검출 데이터를 바탕으로 한 적외선 센서의 그래프는 부탄가스 버너의 불꽃이 존재하



(그림 5) 부탄가스버너의 불꽃(정상, 1/2/3/4/5M)
(Fig. 5) Flame of GAS(Normal, 1/2/3/4/5M)

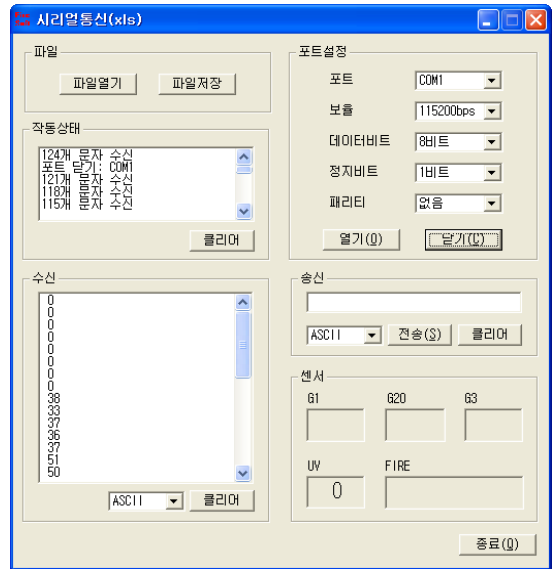
지 않는 정상시 신호와 1-미터 별로(1M, 2M, 3M, 4M, 5M) 분석을 나타내었다.

(그림 5)의 결과를 바탕으로 정상시(화원이 없을 때)에 세 가지 적외선 센서 신호의 레벨은 500정도로 거의 일정하며 변화가 없는 것을 알 수 있었다. G20센서는 부탄 가스 버너 테스트에서 거리가 가까울 때에만 미세한 변화가 있었다. 반면 G1, G3센서는 거리가 가까울수록 신호의 레벨과 흔들림의 폭이 커졌다. 또한 G3센서가 G1센서보다 변화의 폭이 크며 그래프를 자세히 보면 G3센서 신호는 G1센서 신호가 확대된 모양을 하고 있다. 이것으로 G20센서는 반응하지 않으며 G3센서가 G1센서보다 불꽃에 대하여 반응도가 좋고 거리에 대한 변별력 또한 크다는 것을 알 수 있다.

2.3.2 UART통한 자외선 센서 데이터 분석

적외선 센서 신호처럼 자외선 센서 신호의 데이터 전송 또한 마이크로 컨트롤러의 UART 시리얼 통신을 통하여 PC로 전송한다.

(그림 6)에서 데이터 수신 부를 보면 화원이 없을 때에는 카운트 값이 0이고 부탄가스 버너 5m에서는 30~50 사이의 카운트 값이 나온다.

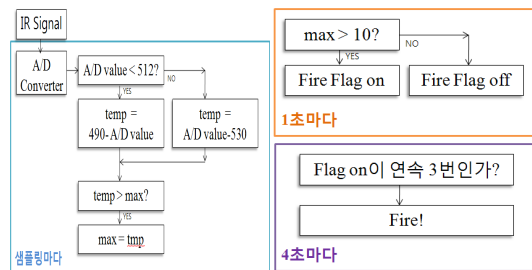


(그림 6) 자외선신호의 카운트 데이터 전송결과
(Fig. 6) Result of UV Signals with Count Data Tx.

3. UV/IR센서 기반의 불꽃영상감지 설계

3.1 IR센서기반의 불꽃영상감지 알고리즘 설계

적외선 센서의 신호는 화원이 있을 때 신호의 레벨이 커지므로 그 레벨에 대한 일정 기준을 정하고 기준 이상이 되었을 때 불꽃감지를 판단하는 알고리즘을 제안하였다.



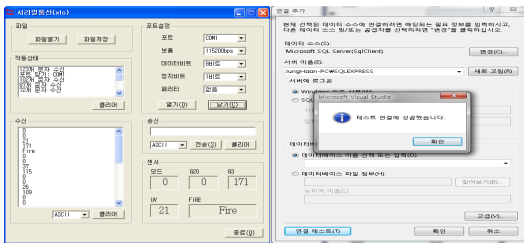
(그림 7) IR 센서 기반의 불꽃영상감지 알고리즘 설계
(Fig. 7) Algorithm Design of IR Sensor based Flame

(그림 7)에서 적외선 센서 신호는 마이크로 컨트롤러의 ADC를 통하여 양자화 된 레벨로 변하는데 정상시(화원이 없을 때)를 기준으로 512 이하인 레벨은 490에서 그 레벨을 뺀 값을 임시변수에 저장하고 512 이상인 레벨은

그 레벨에서 530을 뺀 값을 임시버퍼에 저장한다.

그 이유는 정상시에 적외선 센서 신호는 490~530 사이에서 흔들리고 있으며 512 이하인 레벨은 레벨이 낮아질수록 화원에 반응 한다는 뜻이므로 최대값을 일률적으로 구하기 위해 512 이상인 값으로 대체하여 임시버퍼로 저장한다. 임시버퍼의 값이 최대값을 저장하는 버퍼의 값보다 크면 그 값이 최대값이 되는데 이러한 과정을 적외선 센서 신호를 샘플링 할 때마다 반복한다.

이 과정에서 음수(-)가 나올 수 있는데 레벨의 최대 값을 저장하는 버퍼는 프로그램에서 0으로 초기화 되어있어 490~530사이의 레벨은 0이라고 볼 수 있다. 이러한 과정이 반복되면서 1초가 되었을 때 레벨의 최대값이 10 이상(실제 레벨이 480이하 또는 540 이상)이면 'Fire' Flag가 일어나고 4초가 되었을 때 Fire Flag가 3번 연속인 경우 화재로 인식한다.



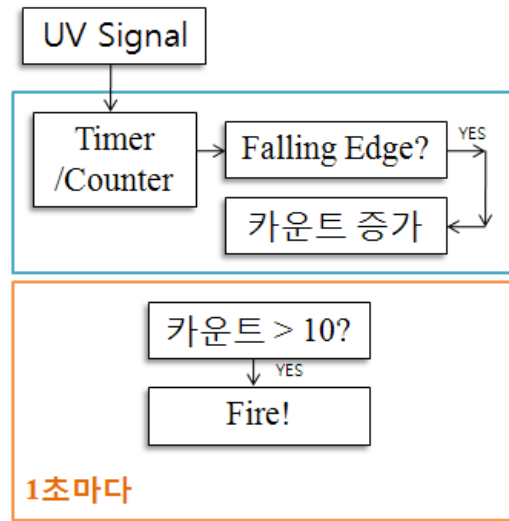
(그림 8) IR 기반의 불꽃영상감지 MS-SQL 연동화면
(Fig. 8) MS-SQL of IR based Flame Detection

(그림 8)은 IR센서 기반의 불꽃영상감지 화면으로, 데이터베이스 서버구축을 위해 Visual Studio 2010을 사용하여 MS-SQL 2008과 연결하였다.

3.2 UV센서기반의 불꽃영상감지 알고리즘 설계

자외선 센서 신호의 처리는 적외선 센서보다 비교적 간단하다. 화원이 있을 때와 없을 때가 명확하고 반응도 빠르다.

(그림 9)와 같이 UV센서 기반의 불꽃영상감지 알고리즘의 설계 결과로 1초마다 자외선 센서 신호의 카운트 값이 10이상 일 경우 화재로 판단하는 알고리즘을 제안하였다. 이때, UV센서 기반의 자외선 불꽃감지기가 수은 등, 방전등, 해충퇴치 등, 전기스파크, 벽락의 자외선으로 인한 오작동을 최소화하기 위한 설계 방안으로 자외선 센서신호의 입력시간 차이값을 반영한 적응형 알고리즘을 적용하며, 강력한 수은 등이나 전기 스파크 장치는 일



(그림 9) UV 센서 기반의 불꽃영상감지 알고리즘 설계
(Fig. 9) Algorithm Design of UV Sensor based Flame

정한 거리만큼 이격하여 설치함으로써 오동작의 원인을 해소하였다[6].

3.3 UV/IR결합형 불꽃영상감지 알고리즘 분석

본 논문에서는 UV/IR센서의 결합형 듀얼밴드센서 검출 신호를 위해 ATmega128의 UART 직렬통신을 통한 입력신호를 분석하였다.

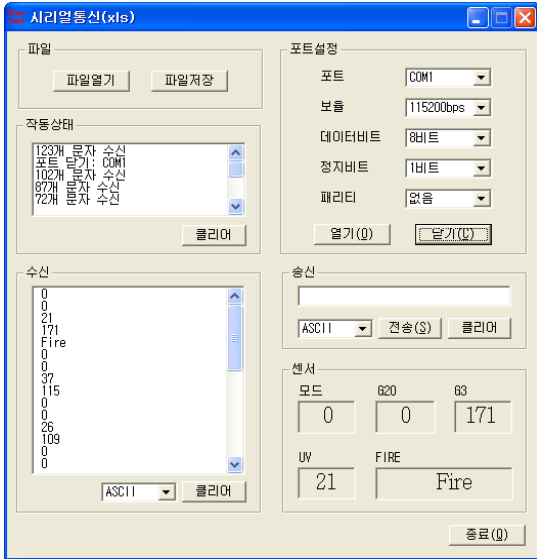
3.3.1 UART통한 알고리즘 검증 결과분석

적외선 센서 기반의 불꽃영상신호의 검출 알고리즘과 자외선 센서 기반의 불꽃영상신호의 검출 알고리즘 및 적외선/자외선 센서 결합형 불꽃영상신호의 검출용 알고리즘에 대해 G3 센서의 검출방식 별 검출시간의 결과를 비교하였다.

(표 1) UV/IR센서의 알고리즘 별 검출시간 비교
(Table 1) Comparison of UV/IR Sensing Time

	센서 활용 및 특징	센서G3
모드-0	적외선 센서만 사용	171
모드-1	적외선/자외선 센서 사용 (UV+IR 결합형 센서 검출 알고리즘의 AND 조합)	104
모드-2	자외선 센서만 사용	144

이때, 불꽃영상신호의 검출 알고리즘은 부탄가스 버너 5m에서 테스트 하였고, 직렬통신을 통하여 1초마다 데이터가 표시되며 (그림 10)은 각 센서 (IR, UV, IR+UV) 별 영상검출 결과분석이다.



(그림 10-1) (IR)모드-0 영상검출(G3:171)결과
(Fig.10-1) Result of IR(mode-0) Detection(G3:171)



(그림 10-2) (UV)모드-2 영상검출(G3:144)결과
(Fig.10-2) Result of UV(mode-2) Detection (G3:144)



(그림 10-3) (UV+IR)모드-1 영상검출(G3:104)
(Fig.10-3) Result of UV+IR(mode-1) Detection (G3:104)

3.3.2 불꽃영상 감지결과 및 고찰

본 논문에서는 불꽃 영상을 검출하기 위한 자외선 센서(UV Tron)와 초전형 적외선 센서를 활용하였다. 제한한 화재감지 알고리즘으로 부탄가스 버너로 1m~5m에서 화재인식에 대하여 시험한 결과 3가지 알고리즘 모두 화재 발화시 불꽃의 영상을 인식하였다.

이는 불꽃을 감지하는 감시거리에 대한 한국소방산업 정보원의 ‘고시 제2012-17호’감지기의 형식승인 및 제품 검사의 기술기준’에 따라 20m미만의 장소에 적합한 것은 1m간격으로, 20m이상의 장소에 적합한 것은 5m 간격으로 분할한다는 규정에 따라 실험하였다(7).

불꽃영상의 인식을 향상을 위한 센서의 활용방식 별로 모드-0 (IR센서)보다, 모드-2 (IR센서)가 우수하며, 모드-1 (IR+UV 결합센서) 방식이 가장 우수하다.

본 실험의 정확도를 위해 불꽃 감지를 위한 화재 감지용 적외선과 자외선 센서의 시야각은 상하 좌우 동일한 레벨로 설계하기 위해 좌우 각각 45°의 시야각(수평으로 90°)을 가지며, 상하 역시 같은 각도의 시야각을 갖는다.

또한, 날씨(폭우, 눈, 안개)의 변동에 따른 화재 감지의 오동작 조건을 개선하기 위해 대부분의 광학 센서는 온도와 습도에 영향을 사전에 해결하기 위해 미리 설정된 계절별 평균 조건의 적응형 신호처리 알고리즘을 적용하도록 설계하였다.

4. 결과 고찰 및 결론

본 논문에서 적외선 센서와 자외선 센서를 이용한 불꽃영상을 검출하기 위해 적외선 센서와 자외선 센서의 종류 또는 구동회로에 따른 화재감지를 위한 신호처리 알고리즘을 제안하였다.

‘모드-0’인 적외선 센서의 영상감지 방식은 아날로그 신호에서 디지털 신호로 변환 한 후 신호의 기울기의 연속적인 변화 부분을 비교하는 방법으로 약 1m이내의 플리커가 있을 경우 간혹 화재로 오작동 경우와 성능이 가장 열악하다.

‘모드-2’인 자외선 센서의 영상검출 방법은 특정 영역에 대한 방사의 펄스열을 계수하여 매 시간 적산하는 방법으로 기준 값과의 비교로 화재를 감지하도록 설계함으로서 ‘모드-0’ 보다 우수하지만, ‘모드-1(적외선+자외선 결합센서)’ 방식이 불꽃 영상검출 시간성능이 가장 우수하였다.

결론적으로 적외선과 자외선의 센서를 결합한 ‘모드-1’의 불꽃 영상검출 감지기는 자외선 센서만의 약점인 비화재 요인으로 용접에 의한 아크, 및 태양광이나 할로겐램프 등의 오동작을 극복할 수 있고, 적외선 센서만의 경우 플리커, 전자파의 문제점을 해결함으로써 화재로 인한 피해가 예방될 것이다.

Acknowledgement

본 연구는 2013년도 한신대학교 연구비와 2012년도 중소기업청 민관공동기술개발사업(S2063949) 지원에 의한 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- [1] M.G. Kang et al, "Analysis of Flame Image Recognition for Fire Detection," 2012 KSII Conference, 2012.11
- [2] Byung-Hyun Lim et al, "Introduction of Ultraviolet/Infrared Flame Detector and Method for False Detection Prevention", KIEEME Conference, May 16, 2003.
- [3] Yeong-Min Kim, Jong-Man Kim, "Circuit Design of Ultraviolet Flame-Sensor for Fire-Fighting Appliances", KIEEME Conference, 2008.
- [4] S.E., Lee et al, "Image Recognition System of Fire Detection for u-Defense Systems," Korea information processing society review, v.16 no.1, 2009, pp.115-121
- [5] W.S., Song, "A digital image processing apparatus for recognizing firework, there of method and there of computer-readable storage medium," Patent No. 1020090097441, 2009.10.13
- [6] <http://www.sobangin.or.kr/>
- [7] <http://www.kfi.or.kr>

● 저 자 소 개 ●

강 대 석(제1저자)

1987년 광운대학교 전자재료과 (공학사)
 1998년 금오공과대학교 전자과(공학석사)
 2003년 금오공과대학교 전자과(공학박사)
 2007년 전경련국제경영원 (MBA과정)
 1986년~2011년 KEC 대전력사업부장
 2011년~현재 (주)금류방재산업 신기술연구소장
 관심분야 : 적외선카메라, 자동화재감지기술
 E-mail: thomas4581@naver.com



◎ 저 자 소 개 ◎



김 은 종

1977년 홍익대학교 토목공학 (공학사)
1978~1982년 육군공병기술장교
1982~1985년 한일개발 사우디아라비아
1985~1994년 쌍용건설 해외사업부
1994~1996년 동성종합건설 필리핀현장소장
1996~2000년 한진중공업건설 필리핀공사부장
2000년~현재 (주)금룡방재산업 대표이사
관심분야 : 적외선카메라, 자동화재감지기술
Email: k264951@chol.com



문 필 재

2001년 순천대학교 조경학과 학사
2001년~2002년 (주)한성조경 사원
2002년~2009년 (주)케이엠에스 팀장
2009년~현재 (주)케이엠에스 팀장
관심분야 : 자동화재감지시스템, 소화설비, 기계설비
Email : meba2000@hanmail.net



신 원 호

2010년 청주대학교 경영학과 학사
2010년~2012년 (주)디엠케이 영업팀주임
2012년~현재 (주)케이엠에스 기업부설연구소 선임연구원
관심분야 : 자동화재감지시스템, 소화설비
Email : reiggal@gmail.com



강 민 구(교신저자)

1986년 연세대학교 전자공학과(공학사)
1989년 연세대학교 전자공학과(공학석사)
1994년 연세대학교 전자공학과(공학박사)
1985년~1987년 삼성전자 연구원
1997년~1998년 일본 오사카대학 Post Doc.
2000년~현재 한신대학교 정보통신학부교수
관심분야 : 디지털방송, 방송통신융합기술
Email: kangmg@hs.ac.kr