

IR 레이저 기반 연기감지기를 위한 고정밀 자동초점 정합장치에 관한 연구

김관형¹ · 신동석¹ · 오암석^{2*}

A Study on High-precision Autofocus Matching Device for Smoke Detector Based on IR Laser

Gwan-hyung Kim¹ · Dong-Suk Shin¹ · Am-suk Oh^{2*}

¹Department of Computer Engineering, Tongmyong University, Pusan 608-711, Korea

^{2*}Department of Media Engineering, Tongmyong University, Pusan 608-711, Korea

요 약

화재감지 시간을 단축하기 위해서 연기감지기가 활용되는 추세이며, 발신기와 수신기가 100m 이상 이격되어 설치되는 구조의 연기감지기는 외부환경의 영향으로 인한 발신기의 각도변화에 따라 수광부 레이저 포인트 위치가 매우 민감하게 변화한다. 본 논문에서는 레이저 발신기와 수신기 간의 원거리 설치에 따른 레이저 초점 설정의 어려움을 해결하고 외부 환경에 따른 초점 정합의 문제를 해결하기 위해서 다중 워기어를 활용한 고정밀 제어장치와 레이저 광선의 틀어진 각도를 조정 할 수 있는 자동초점 정합 알고리즘을 제시한다.

ABSTRACT

Smoke detector is commonly used to reduce fire detection time. However, technical problems regarding its inaccuracy of laser beam-receiving point on the surface of the sensor associated with incoming interference are identified when the laser transmitter and receiver are installed at a distance of about 100m. In this paper, we propose the auto focus alignment algorithm with high precision to adjust tilting angle of lasers caused by environmental interference so that solve existing issues using multi-level worm gear set.

키워드 : 화재탐지기, 적외선 연기검출기, IR 레이저, 고정밀제어, 초점정합

Key word : Fire Detectors, IR Smoke Detectors, IR Laser, High-Precision Control, Focus Matching

접수일자 : 2014. 10. 01 심사완료일자 : 2014. 10. 31 게재확정일자 : 2014. 11. 05

* **Corresponding Author** Am-Suk Oh(E-mail:asoh@tu.ac.kr, Tel:+82-51-629-1211

Department of Media Engineering, Tongmyong University, Pusan 608-711, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2014.18.11.2759>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©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.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

화재발생시 초기의 화재감지는 인명 안전을 위한 매우 중요한 요인이다. 터널이나 지하철, 지하상가와 같은 광범위한 폐쇄 공간(WCS: Wide-Closed Space)에서는 연기가 감지될 때까지 설치된 감지기의 간격에 따라 수십 초에서 수분의 시간이 소요되는데, 특히 터널 내의 연기감지기는 통상적으로 최소 200m 이상 이격하여 설치하고 있는 실정이다. 이러한 공간에서는 화재로 인한 직접적인 피해뿐만 아니라 연쇄폭발이나 연기로 인한 질식사 등 2차사고로 이어져 엄청난 인명, 재산피해가 발생하게 된다[1, 5].

국내에서 주로 생산되는 화재감지기는 열감지기인 차동식과 정온식 감지기, 연기감지기인 광전식과 화학이온 반응식 감지기 등이 전체 감지기의 95%를 차지하고 있다. 최근에는 일정 온도에 도달되어 감지되는 열감지기 보다 발화 초기에 발생하는 연기를 감지하여 화재 감지시간을 단축할 수 있는 연기감지기가 활용되고 있는 추세이다. 그러나 기존 연기감지기의 경우 차량 매연에도 반응하는 등의 일정한 조건만 맞으면 작동하기 때문에 비화재보의 발생률이 높다. 또한 화학이온 반응식 연기감지센서는 차량 매연이나 먼지 등에 의해 오염되어 시간이 경과함에 따라 감지능이 떨어져 오작동이나 고장의 원인이 되어 이를 방지하기 위한 감지기의 잦은 교체는 유지비용을 증가시키므로 현실적으로 적절한 유지관리에는 어려움이 있다[6, 7].

기존 화재감지기의 문제점을 해결하기 위해 IR 레이저를 기반으로 원거리(100m 이상)상에서 발신된 레이저가 수광부에서 수신되는 강도의 변화로 연기를 검출하는 다양한 IR 레이저 기반 연기검출장치를 활용 한 연구가 진행중이다. 이러한 연기검출장치는 레이저 발광부에서 발신되는 IR 레이저의 초점이 레이저 수광부에 정확히 정합되어야 하며, 외부환경에 따른 초점의 변화를 보정하기 위한 기능이 필수적이다. 그러나 적어도 100m 거리가 이격된 레이저 발광부와 수광부 구조에 따라 발광부 레이저광선의 각도변화에 따른 수광부 레이저 포인트 위치가 매우 민감하게 변화한다. 그래서 초기 레이저 포인트의 초점을 정확히 정합하고, 이후 보정하기 위한 고정밀 자동 초점 정합장치가 필요하다. 본 논문에서는 IR 레이저 기반 연기검출 화재감지기에서의 고정밀 자동초점 정합장치를 제안한다.

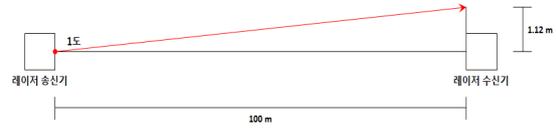


그림 1. 각도에 따른 레이저 포인트 위치
Fig. 1 Laser point position according to the angle

II. 관련 연구

2.1. 화재감지기술

20세기 초반의 경보설비는 납 용해 방식 및 바이메탈이 이용된 정온식 열감지기, 가용열연물을 이용한 정온식 감지기 및 반도체 방식의 정온식 감지기가 개발되었으며, 이러한정온식 감지기는 경제성과 다른 감지장치에 비해 낮은 비화재보율을 가지고 있지만 열전달시간 지연 등에 의한 화재감지 속도가 느리다는 단점을 가지고 있다. 1920~1930년대에 정온식 감지기의 단점은 조기화재 발견의 필요성을 증대시켜 온도 상승율을 이용한 차동식 열감지기의 개발을 가져왔으며, 이러한 차동식 열감지기에는 공기 팽창형과 기계형(금속의 팽창비를 이용)이 있다[8, 9].

현대적 개념인 조기화재경보체계가 태동하게 된 것은 화재성상에 있어 온도상승보다 더빨리 불을 감지할 수 있는 연소생성물이 있다는 것을 알게 되어 1940년 Swiss의 물리학자 Dr. Ernest Meili는 광산의 갱도내 가연성 가스에 의한 폭발로 인한 사고예방을 위한가연성 가스 감지장치로 Ionization Chamber를 연구하던 중 연기미립자를 감지할 수 있는 이온화식 연기감지기를 개발하였다.

현대의 전기, 전자, 화학 기술은 성능의 신뢰성 크기의 소형화 등 화재감지기술의 발전동기를 가져와 산란광을 이용한 광전식 연기감지기, 감광식을 이용한 광전식 연기감지기의 개발을 가져왔으며, 특수한 환경에 적응성이 있는 자외선/적외선 불꽃감지기, Cloud Chamber방식의 연기감지기가 개발되었다[10].

최근 20년 동안 센서기술, 전자기술, 정보기술 및 화재물리학의 발달에 힘입어 화재분야의 새로운 감지기술은 상당히 진보하였는데, 예로, 연소 중에 발생하는 거의 모든 가스를 측정하는 기술이 확립되어 활용되고 있고 분포형광센서감지기가 터널, 지하철로 및 역사처

럼 까다로운 주위조건을 가진 장소에서의 화재안전 목적으로 도입되었다[2]. 또한, 최근에 CO화재감지기, 영상감지기(Video Smoke Detector) 및 다센서(Multi-sensor)감지기가 개발되었지만 적용되는 설치기준 및 시험규격은 아직 마련되지 않고 있다[3]. 다센서(Multi-sensor)감지기는 비화재보 예방을 위하여 개발되었으며, 이온화식 연기감지기, 광전식 연기감지기, 이산화탄소(CO₂)감지기 및 일산화탄소(CO)감지기를 통합하여 하나의 감지기로 만든 것이 현재 사용되고 있다[4].

2.2. 적외선 감지소자

2.2.1. 열형 Sensor

열형 Sensor는 적외선 복사에너지의 흡수에 의해 Sensor의 온도변화를 이용한 것으로 양자형에 비해 응답특성에 파장의존성이 없고 냉각이 필요치 않은 장점이 있으나 응답속도가 느리고 검출감도가 양자형에 비해 떨어지는 결점이 있다.

초전효과는 강유전체 결정에 열을 가하면 결정의 양단에 기전력이 발생하는 것으로 초전효과를 이용한 재료는 강유전 Ceramic LiTaO₃ 등의 단결정, PZT, PVF₂ 등의 유기재료가 사용되고 있다. 이 초전 Sensor는 파장의존성이 없어 검출하고자 하는 파장을 통과시키는 Optical Band Pass Filter(Window 재)를 부착하여 선택적인 투과파장 능력을 부여하고 있으며 Band Pass Filter로 Sapphire Window가 사용되어 초전체에 파장의존성을 부여하고 있다.

2.2.2. 양자형 Sensor

복사에너지를 광양자로서 포착하여 광도전효과나 PN접합에 의해 광기전력 효과를 이용한 것으로 검출 능력이 높고 응답속도가 빠른 반면 파장의존성이 있고 장파장의 검출에는 Sensor의 냉각이 필요한 것이 결점이다.

반도체에 빛이 조사되면 전자가 자유전자가 되고 그것이 전류를 발생시키기 때문에 전기저항이 작아진다. 광도전 셀은 이 성질을 이용한 광센서로 빛이 조사되면 저항이 감소되어 전류가 흐르기 쉬워진다. CdS를 이용한 셀의 구조는 2개의 전극이 CdS 층의 앞뒤에 붙어 있고 여기에 입사된 빛의 강약으로 전극간에 저항이 크게 변화한다. CdS가 일반적으로 사용되지만 CdSe 그리고

적외선용인 PbS 또는 PbSe를 쓰는 광도전 셀도 있다.

III. 고정밀 제어장치

고정밀 제어장치는 10 : 100 비율 worm 기어의 4중 기어를 통해 (1:10)⁴ 기어비율을 통해 스크류 기어로 연결된 투광부의 각도를 정밀 제어한다. 스텝핑 모터의 회전을 스크류 기어를 통해 X축 제어 베이스판 혹은 Y축 제어 중판을 좌우, 상하 이동시킨다.

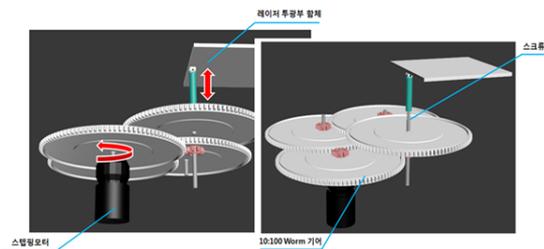


그림 2. worm 기어 구동원리

Fig. 2 Worm gear driving principle

고정밀 제어장치는 레이저 송신기에 장착하며 레이저 송신기는 자동 정합 알고리즘의 제어 데이터에 따라 모터를 제어하여 레이저 투광 각도를 조정한다. 레이저 투광부의 X, Y축 정역회전을 제어하는 2개의 스텝핑 모터와 worm 기어 박스로 구성되며, (1:10)⁴ 기어비율을 통해 모터의 1회전(360°)에 대한 투광부 0.036°까지 정밀제어가 가능하다.

IV. 자동초점 정합 알고리즘

레이저 발신기에 5개의 IR 레이저를 구성하고, 레이저 수신기에 25개의 조도센서(CdS 센서)를 구성하여 이를 기반으로 초점정합 알고리즘을 설계하였다. CdS 센서는 광도전효과를 이용한 반도체 포토센서로 CdS 센서를 통해 복수개의 IR 레이저 광선 중 하나 이상의 센서로 부터 레이저 광량에 대한 수신 값이 측정 될 때까지 앞서 제안한 고정밀 제어장치를 이용하여 정해진 이동거리, 이동 위치로 레이저 포인트 이동 제어하여 추적한다.

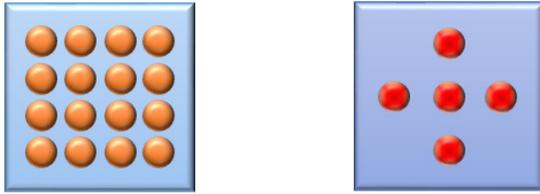


그림 3. 발신기와 수신기
Fig. 3 Transmitter and Receiver

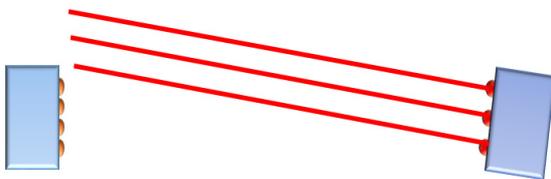


그림 4. 정합되기 전의 IR 레이저 직선경로
Fig. 4 Straight path of the IR laser before matching

그림 4는 IR레이저의 초점 정합이 되지 않은 상태이다. 즉 IR레이저가 수신기인 조도센서(CdS)에 감지되지 않으면 레이저 송신기의 정밀 제어장치로 레이저 투광 각도를 조절하여 초점을 정합한다. 초점을 추적하는 경로는 그림 5와 같다.

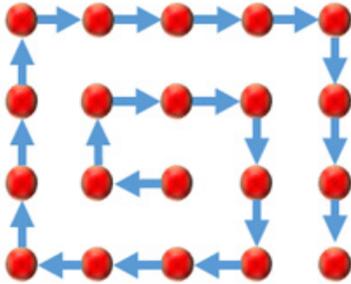


그림 5. 초점 추적 경로
Fig. 5 Tracking path of focus

초점 간 이동 거리는 레이저 발신기의 고정밀 제어기의 최소 제어 거리로 한다. 각 초점을 좌표평면상에 나타내면 그림 6과 같다. 좌표평면 상에서 초기 초점의 좌표를 (0, 0)이라 한다면 레이저가 조도센서에 감지되지 않았을 때 다음에 맞춰질 초점의 좌표는 (-1, 0)이다. 계속해서 그림5와 같은 경로로 초점이 이동하면 초점

의 좌표는 (-1, 1), (0, 1), (1, 1)... 으로 정해지며 이를 코드로 나타내면 다음과 같다.

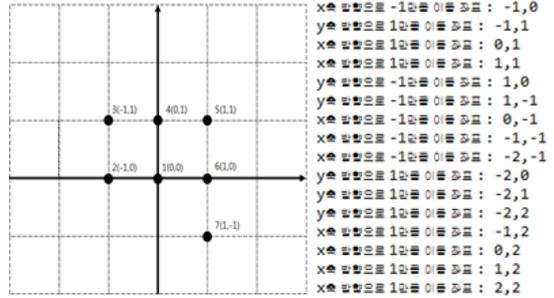


그림 6. 좌표평면에 나타낸 초점
Fig. 6 the focus shown to the coordinate plane

```
int x=0, y=0, sign=-1, counter=1;
while () {
    for (int i=0; i<counter; i++) {
        check();
        x += sign; //x좌표 sign 만큼 이동
    }
    check();
    sign *= -1;
    for (int j=0; j<counter; j++) {
        check();
        y += sign; //y좌표 sign 만큼 이동
    }
    check();
    counter++;
}
//센서 감지 확인 함수
void check(){If(sen==true){
    Break;
}}
```

위와 같은 알고리즘으로 레이저 발신기에 부착된 고정밀 제어기의 x, y축 각도를 조정해가며 초점을 자동으로 추적하고, 레이저가 조도센서에 감지되면 레이저의 밝기를 측정해 원거리 연기검출이 가능하다.

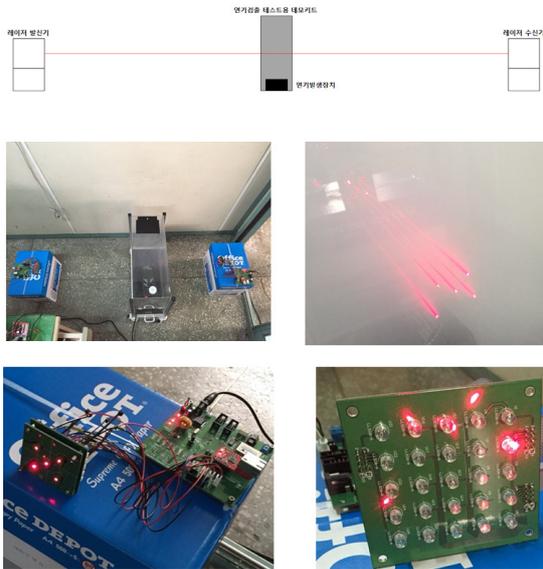


그림 7. 연기검출 테스트
Fig. 7 Smoke detection test

V. 결 론

IR 레이저 발신부와 수신부가 서로 이격된 구조의 연기감지기의 문제를 해결하기 위해 고정밀 제어장치와 자동 초점정합 알고리즘을 제안하였다. 자동 초점정합 알고리즘은 레이저 발신기에 복수개의 IR 레이저를, 레이저 수신기에는 복수개의 CdS 센서를 구성하여 초점정합을 자동 추적할 수 있는 알고리즘을 설계하였다. 레이저가 센서에 감지되지 않으면 초점의 위치를 일정한 간격만큼 일정한 위치로 움직이면서 정합위치를 찾아가며, 초점 간 이동거리는 고정밀 제어장치의 최소 제어거리가 된다. 고정밀 정합장치는 레이저 발신부의 X, Y축 정역회전을 제어하는 장치로, (1:10)4 기어비율을 통해 자동 정합 알고리즘에 따라 발신부의 각도를 0.036°까지 정밀제어가 가능하다. 자동 초점정합 장치를 활용한 연기감지기는 터널, 지하상가 등에 적용함으로써 화재발생시 인명피해를 최소화 할 수 있으며, 대규모 생산현장, 지하주차장 등에 기존의 화재감지장치와 연동하여 적용함으로써 안전한 생산 및 생활공간 조성이 가능할 것으로 기대한다.

감사의 글

본 결과물은 교육부의 재원으로 지원을 받아 수행된 산학협력 선도대학(LINC) 육성사업의 연구결과입니다.

REFERENCES

- [1] Robert P.schifiliti, Brian J.Meacham, Richard L.P.Custer "Design of detectionsystems", SFPE Handbook.
- [2] Ronald B. Melucci, Early detection of fire, IFP(2004)
- [3] Colin Todd, "Fire detection and fire alarm systems", Fire safety engineering(2002.11)
- [4] W. Xihuai, X. Jianmei and B. Minzhong, "Multi-Sensor Fire Detection Algorithm for Ship Fire Alarm System using Neural Fuzzy Network", *Proceedings of ICSP*, pp.1602-1605, 2000.
- [5] M. Philippe, "Fire Detection for Aircraft Cargo Compartments, Reduction of False Alarm", *12th Int. Conference on Automatic Fire Detection*, 2001.
- [6] Robert P.schifiliti, Brian J.Meacham, Richard L.P.Custer "Design of detectionsystems", SFPE Handbook.
- [7] Eddie tieppo, Andrew K.Kim, "Review of recent developments in fire detection technologies", *Journal of Fire Protection Engineering*, vol. 13, 2003.
- [8] Ki-Jung Kim, "A Study on the Implementation of Digital Anti-fire Monitoring System with Multipoint Communication Protocol", *Journal of The Korea Institute of Electronics Communication Sciences*, Vol. 7, No. 6, pp. 1423-1428, 2012.Edition, 2006.
- [9] Y. S. Moon, Y. N. Seo, N. Y. Ko, S. H. Roh,J. K. Park, "Robot Design for Fire Detectionand Data Processing", *Journal of The KoreaInstitute of Electronics Communication Sciences*,Vol. 5, No. 1, pp. 31-36, 2010.
- [10] Se-Hwa Park, "A Study on the Developmentof Integrated Type Fire Alarm Control Panelfor Ubiquitus Environment", *Journal of Korean Institute of Fire Science and Engineering*, Vol.24, No. 1, pp. 24-30, 2010.



김관형(Gwan-Hyung Kim)

2001년 한국해양대학교 전자통신공학과 공학박사
현재: 동명대학교 컴퓨터공학과 조교수
※관심분야 : 지능제어, 신호처리, 의료정보시스템, 헬스케어시스템



신동석(Dong-Suk Shin)

1996년 부경대학교 전자공학과(공학박사)
1992년~2006년 동명대학교 컴퓨터정보처리과 부교수
2006년~현재 동명대학교 컴퓨터공학과 교수
※관심분야 : 유비쿼터스, 임베디드 시스템, RFID



오암석(Am-Suk Oh)

1997년 부산대학교 컴퓨터공학과 공학박사
1987년~1990년: LG연구소 연구원
현재: 동명대학교 미디어공학과 교수
※관심분야 : Engineering DB, 헬스케어시스템, 의료정보시스템, 빅 데이터