

[Research Paper]

전방위 감시와 영상추적이 가능한 화재감시시스템에 관한 연구

백동현

가천대학교 설비·소방공학과 교수

The Study on the Fire Monitoring System for Full-scale Surveillance and Video Tracking

Baek Dong-hyun

Professor, Dept. of Fire&Disaster Protection Engineering, Gachun Univ.

(Received November 19, 2018; Revised December 7, 2018; Accepted December 7, 2018)

요 약

전방위 감시카메라에는 어안렌즈를 이용하여 광대역감시가 가능하도록 물체감지알고리즘으로 물체를 단위별 레벨링한 다음 전방위 감시카메라와 추적(P TZ)카메라로 구성된 시스템으로 연동하여 현장실험한 것이다. 전방위 감시카메라가 움직이는 물체를 정확히 감지하며 사각표시를 하였고 추적카메라와 유기적으로 연동하며 확대 추적하였다. 감시카메라와 화염감지 및 온도에 대한 현장실험에서는 오토스캔 중 화염이 감지되면 멈추며, 해당 화점부분을 화면의 중심부분으로 이동시켜 온도가 표출되었다. 또한 화염이격거리별 검지에 필요한 발열량의 인정기준인 1 km 2,340 kcal를 초과한 1.5 km에서도 가능하였다. 거리에 따른 화염감지성능시험에서는 거리 1 km일 때 폭 56 cm × 높이 90 cm를 초과한 1.5 km에서도 가능하여 산불화재에도 적응성이 충분하였다. 향후 석유·가스비축시설 및 저유소에 설치하면 자체는 물론 주위 화재예방 및 침입감시 등의 안전에 매우 유용할 것으로 기대된다.

ABSTRACT

The omnidirectional surveillance camera uses the object detection algorithm to level the object by unit so that broadband surveillance can be performed using a fisheye lens and then, it was a field experiment with a system composed of an omnidirectional surveillance camera and a tracking (PTZ) camera. The omnidirectional surveillance camera accurately detects the moving object, displays the squarely, and tracks it in close cooperation with the tracking camera. In the field test of flame detection and temperature of the sensing camera, when the flame is detected during the auto scan, the detection camera stops and the temperature is displayed by moving the corresponding spot part to the central part of the screen. It is also possible to measure the distance of the flame from the distance of 1.5 km, which exceeds the standard of calorific value of 1 km 2,340 kcal. In the performance test of detecting the flame along the distance, it is possible to be 1.5 km in width exceeding 56 cm × 90 cm at a distance of 1km, and so it is also adaptable to forest fire. The system is expected to be very useful for safety such as prevention of intrinsic or surrounding fire and intrusion monitoring if it is installed in a petroleum gas storage facility or a storing place for oil in the future.

Keywords : Full-scale surveillance, Video tracking, Fire monitoring system, Field experiment

1. 서 론

경기도 고양시 저유소의 화재 발생을 계기로 저유소 시설과 석유·가스 비축시설, 민간 석유저장시설 등 55개 지역과 석유저장 시설 122개소에 대한 안전점검이 실시되고 있다. 특히 대한송유관공사의 저유소 9개소 중 7개소(탱크

134기, 450 B), 한국석유공사의 저유소 9개소 중 8개소(탱크 78기)가 있으며 천연가스는 약 3,500 km의 전국 주배관망과 256개의 공급관리소를 거쳐 공급하고 있다^(1,2,3,4). 이들 장소는 생활터전의 안전을 위해 도시 외곽이나 산으로 둘러 싸여있는 곳에 위치하고 있다. 그러므로 화재나 산불 발생 시 광역감시 및 초동 조치의 어려움이 있으므로 신속한

조치가 이루어지지 않으면 석유·가스공급이 중단되어 산업시설, 생활 및 편의시설 등이 정상적 기능을 하지 못하게 된다. 더욱 석유·가스비축시설의 파괴는 국가적 손실이 발생 할 수 있으므로 시설 보안이나 유증기·가스폭발에 따른 초기 화재를 미리 발견할 수 있는 전방위감시와 이동물 체추적이 가능하여 신속히 대처 할 수 있는 시스템이 필요하다^(5,6). 그러나 현재 대부분 설치되고 있는 석유·가스비축시설 주위의 화재감시시스템은 없고 보안기능의 감시시스템이 설치되어 있으나 이마저도 집중감시 카메라를 이용하여 특정범위만 감시하도록 되어 있다. 그러므로 전체 주변상황을 파악할 수 없으며 가시거리가 짧아 많은 카메라를 사용해야 하기 때문에 관리에도 어려움이 많다. 따라서 전방위감시와 영상추적이 가능하여 석유·가스비축시설은 물론 시설주위의 사고와 산불에 대한 피해를 최소화할 수 있는 특화된 화재감시시스템에 대해 논하고자 한다.

2. 전방위 감시기능을 갖는 카메라

2.1 전방위 감시카메라 모듈

전방위 감시기능을 갖는 카메라에 장착될 카메라 모듈은 Image Sensor CMOS로 화소수 3 MPixel의 Progressive Scanning system으로 하였다. 전원전압은 DC 12 V를 사용하고 정격전류는 150 mA이다. S/N비는 50 dB로 하되 Video Output은 HD-SDI, BT.1120이고 Analog신호로 NTSC/PAL (Phase-Alternating Line)방식을 겸용할 수 있게 하였다. 축적온도는 -20 ℃~+60 ℃, 습도 0% RH~90% RH)이고 치수(H × V × T)가 42 mm × 42 mm × 1.6 mm인 어안렌즈(Fish-Eye Lens)를 이용하여 광대역 감시가 가능하도록 하였다. 영상신호시간(Signal Timing)은 영상의 송출 신호시간을 분석하여 영상신호를 지연없이 실시간 처리할 수 있게 하며 National Television System Committee System (NTSC)방식에서는 33.3 ms, PAL방식에서는 40 ms로 하였다. 전방위 감시를 위한 카메라에서의 통신 Protocol은 Pelco-D, Pelco-P, VISCA방식으로 하고 Motor 제어부분에서 사용하며, Video System Control Architecture (VISCA) Protocol은 BaudRate 9600을 사용한다. 이 때 Pixel Block으로 구성하되 저전압차등신호(LVDS) 영상출력과 AD Converter회로로 구성하였다. 전방위 감시기능을 갖는 카메라 모듈의 Block-Diagram은 Figure 1과 같다.

2.2 코덱, IP영상 전송 모듈

2.2.1 영상 전송을 위한 영상 압축 및 IP모듈

영상압축을 위한 코덱 모듈은 전원전압 DC 12 V, 1 A의 전류로 설계하고, 범용 비동기화 송수신기(Universal asynchronous receiver/transmitter) Interface는 Console (RS232)와 PTZ Control (TXD/RXD/DIR: TTL)로 하였으며 Audio 입출력 인터페이스를 갖게 하였다. 그러면서 동작표시는 LED를 사용하여 LAN Tx/Rx와 LAN Link로 System의 상태를 표시할 수 있

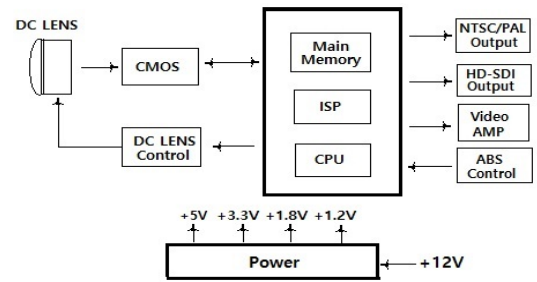


Figure 1. Full-scale surveillance video camera module block diagram.

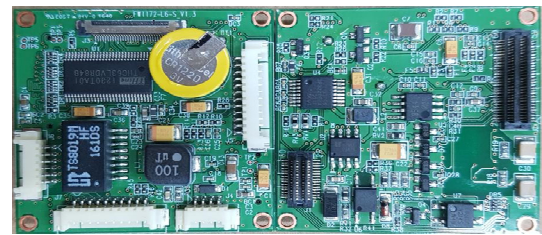


Figure 2. Codec circuit module.

게 하였으며 영상입력은 저전압차등신호 Mico 공통케이블을 사용하고 입출력경보를 위한 입출력 인터페이스가 되도록 하였다. Figure 2는 이를 설계한 회로모듈이다.

2.2.2 영상전송 Network을 위한 IP 모듈

사양은 Embedded Linux OS를 기본으로 고성능 32 bit Risc CPU를 장착하여 Dual 영상 Streaming, H.264/M-JPEG 및 Variable Bit Rate (VBR)/Constant Bit Rate (CBR) Mode를 채용하였다. 영상출력 화질 설정은 초저화질, 저화질, 보통, 고화질, 초고화질로 하였다. Network을 위해서 LAN Interface 10/100 Base-T Auto를 채용하고 프로토콜은 인터넷데이터 통신규약, 전송제어프로토콜/인터넷프로토콜, 파일전송, 컴퓨터에 의한 공중통신망, 주소확인프로토콜, 단순메일 전용 프로토콜, 실시간프로토콜과 실시간 Streaming 프로토콜 (RTSP) 등을 사용할 수 있게 하였다. 직렬 Interface의 컴퓨터 단자는 비동기데이터 전송용 인터페이스(UART), 측광수준 I, 제어용 단자들로 구성하고 직렬 입출력장치의 최대 보드속도는 115,200 bit/s가 되게 하였다. 경보를 위한 입출력인터페이스는 1 측광레벨 입력과 1 측광레벨 출력으로 하고 추적(PTZ) & UART제어는 직렬통신포트 RS 232/RS 485로 하였다. Figure 3은 영상전송 Network을 위한 IP 회로모듈이다.

2.2.3 영상합성 FPGA모듈

영상은 전방위 감시카메라와 추적(PTZ)카메라의 영상으로 합성한 다음 하나의 영상으로 출력시켜 보여주도록 한다. 그리고 영상 출력모드를 선택하여 어안카메라, 추적카메라가 각각 최적의 화면 크기로 출력되도록 한다. 이 때 영상 합성모드는 어안카메라 영상과 추적카메라 영상의 합성으로 한다.

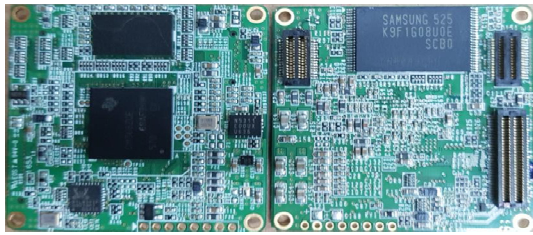


Figure 3. Video transmission network IP circuit module.

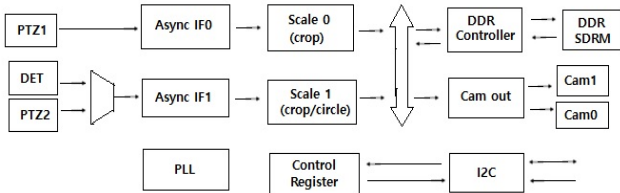


Figure 4. Composite FPGA module block diagram.

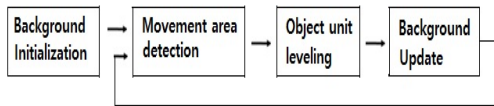


Figure 5. Object detection algorithm flow chart.

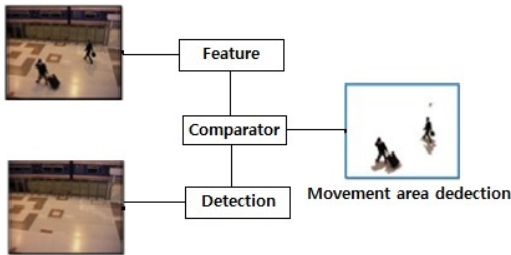


Figure 6. Transfer object detection.

Figure 4는 영상합성 Field-Programmable Gate Array (FPGA) 모듈 설계의 Block Diagram이다. I/O Interface (Port Diagram)의 Cam0와 Cam1은 Cam출력으로부터 각각 BT1120 포맷으로 영상입력되어 30 fps, 74 MHz의 클럭주파수로 출력된다.

2.2.4 물체 감지알고리즘

Figure 5는 물체 감지알고리즘 Flow Chart이다. 초기 영상입력 후 10 s정도의 시간동안 입력영상을 누적하여 배경을 초기화한 후 각 픽셀에서 시간적, 공간적인 통계적 특성을 분석한다. 위의 방법으로 추출된 배경 영상을 입력영상과 비교하는 기준으로 사용하여 이동물체를 Figure 6과 같이 검출한다.

학습된 배경영상을 기준으로 입력영상에서 통계적 차이를 보이는 픽셀을 검출한다. 이 때 기준영상과 입력영상의 차이를 계산할 때 완전한 조명의 변화는 제외할 수 있는 비교방식과 입력영상의 노이즈를 필터링하는 기법이 포함되어야 한다.

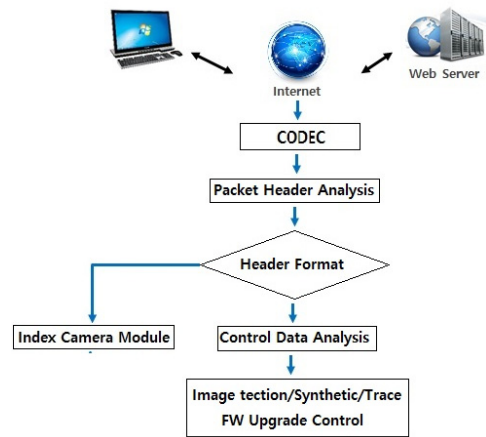


Figure 7. Menu processing flow chart.

2.2.5 물체 단위 라벨링

배경영상과 입력영상의 비교를 통하여 검출된 이동영역은 물체 단위로 라벨링을 수행한다. 이는 인접 픽셀에 대한 이동영역의 대상을 찾는 과정으로, 같은 라벨을 갖는 픽셀들은 하나의 물체로 정의하며 이동물체는 다음 단계인 객체추적(Object Tracking)과정의 입력으로 전달된다. 이 때 이동물체에 대한 정보를 이용하여 연속 입력영상에서 물체의 위치, 색상과 형태정보로 이동물체의 위치를 추적한다.

2.3 영상추적 카메라 주 모듈

영상추적 카메라 주 모듈인 광학부의 광각(H)은 Max. 59.5°(WIDE end)~1.43°(TELE end)와 광각 + 디지털 Zoom 합산 최소화각 1.43/12 = 0.12°이다.

Figure 7은 주 Micro Controller Unit (MCU)모듈의 메뉴 처리 Flow chart이다.

MCU모듈의 기능은 움직임감시, 야간식별, 감도조절, 설정값 크기를 조절하게 한다. 또한 영상을 설정하는 영상감시제어, 합성영상과 감시영상 및 추적영상의 영상합성제어, 집중추적과 다중추적을 할 수 있는 영상 추적제어를 수행하며 MCU 펌웨어 UpDate를 실행한다. Figure 8은 영상감시 및 설정값 추적 Flow chart이다. 추적알고리즘은 감시 설정값의 좌표추출 후 감시카메라 한 Pixel에 대한 각도를 계산하여 설정값의 좌표와 감시카메라의 각도를 매칭한다. 그런 다음 추적카메라의 설치위치에 대하여 기준 Pan/Tilt 값을 추출하고 이 값과 감시설정값의 좌표를 매칭하여 거리에 따른 Zoom값을 설정한다.

3. 실험 및 고찰

3.1 전방위 감시카메라의 화각/화소 실험

Figure 9의 (a), (b)는 전방위 감시카메라 화각에 대하여 좌우측방향을 나타낸 것이다. 전방위 감시 어안카메라의 포착 가능한 시야가 360°임을 알 수 있다. Figure 9의 (c), (d)는 전방위 감시카메라 화각과 화소를 추적한 것으로 움

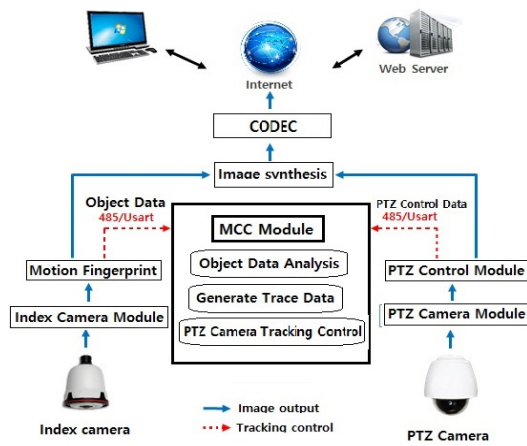


Figure 8. Video surveillance and object tracking flow chart.

직업 검출을 위한 최대 해상도(360° 카메라)를 선택한 전방위 감시 어안카메라로 촬영한 해상도가 각각 2048 × 1536 로 3 Mega Pixel로 나타나고 있음을 알 수 있으며 영상은 Viewer 프로그램을 통하여 Monitor로 확인되었다.

3.2 전방위 감지카메라와 추적(PTZ)카메라시스템 연동실험

Figure 10은 실험시 설치한 카메라의 시스템 연동 및 침입자 추적실험이다. 침입자 감지추적실험을 실행한바 전방위 감지카메라에서는 움직이고 있는 물체를 잘 감지하여 사각표시(□)를 해주고 추적카메라와 연동하여 확대 추적함을 확인하였다.

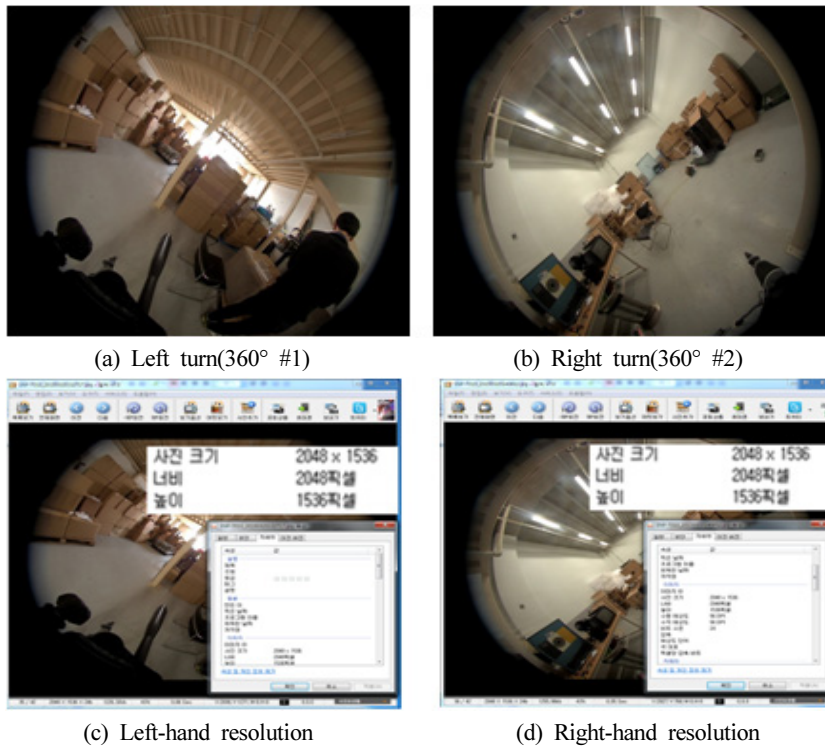


Figure 9. Foreground surveillance camera angle, pixel test.

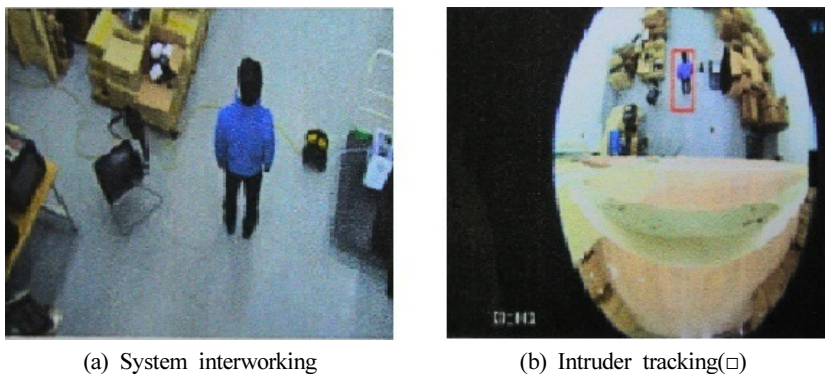


Figure 10. Intruder tracking and interlocking experiment.

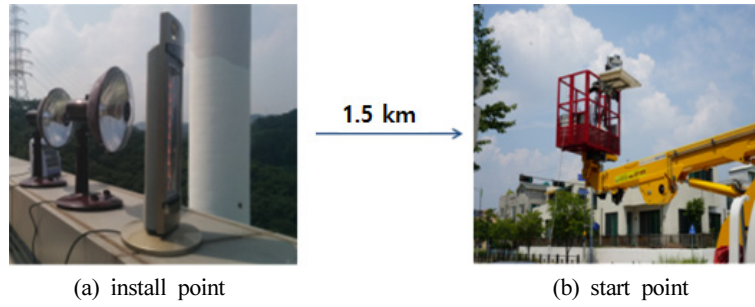


Figure 11. Schematic design for field test of forest fire monitoring camera.

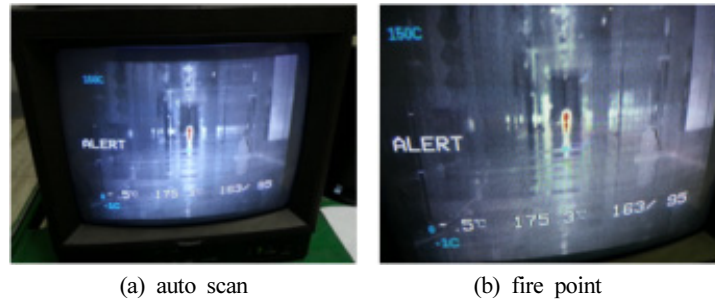


Figure 12. Camera flame detection and temperature check experiment.

3.3 감지카메라 화염감지 및 온도체크와 현장실험

화염감지 현장실험은 A타워의 옥상에 1대의 소비전력이 800 W이고, 발열량은 780 kcal인 전열기 3대를 Figure 11과 같이 설치하였으며 이곳에서 1 km 떨어진 A초등학교에 감시카메라를 설치하여 시작점으로 하였다. 측정은 거리별 최소 85 m에서 인정시험 기준^(7,8)인 1 km 거리외에 카메라를 500 m 더 이동시킨 1.5 km까지 측정하였다.

화재감지 및 온도체크시험에서는 열화상카메라가 오토스캔(Auto scan)중 화염이 감지되었을 경우 멈추며, 해당 화점부분을 카메라가 직시하고 화면의 중심부분으로 이동시켜 온도가 표출되는지 확인하는 것이다. 이 시험은 열원에서 85 m 떨어진 위치에 카메라가 있고 전기스토브를 사용하였다. 그 결과 화염을 감지하면 Figure 12(a)와 같이 감지카메라의 오토스캔을 멈춘 후 해당 화점부분을 카메라 화면의 중심으로 이동시킨 후 Figure 12(b)와 같이 화면에 온도가 표출되었다.

이는 화염감지실험을 통하여 감지카메라의 화염감지능력을 수치화 할 수 있는 것이다. Table 1은 감지카메라의 화염감지성능을 판별할 수 있는 화염이격거리별 검지에 필요한 발열량의 측정결과로 인정시험 기준인 1 km 거리에서 2,340 kcal로 나타났으며 카메라를 더 이동시킨 1.5 km 거리에서는 3,510 kcal까지 측정되어 시험조건에 만족하였다.

또한 산불 감지카메라로 활용하고자 할 때 화염 감지성능을 정하는 기준은 200 ℓ 드럼통으로 규격은 W 56 cm × H 90 cm이다. 측정결과 인정시험 기준인 1 Km 거리에서 검지에 필요한 화염의 크기는 W 56 cm × H 90 cm이었으며 1.5 km거리에서는 W 84 cm × H 135 cm로 측정되었다. 카메라

Table 1. Fire Detection Heat Flux and Distance

Distance m (Between the Camera and the Enclosure)	Heat output Kcal
1,500	3,510
1,400	3,276
1,300	3,042
1,200	2,808
1,100	2,574
1,000	2,340
900	2,106
800	1,872
700	1,638
600	1,404
500	1,170
400	936
300	702
200	468
100	234
0	0

와 화점거리간 이격거리에 따른 화염의 크기는 Table 2와 같다. 거리 100 m로부터 인정시험 거리인 1 km는 물론 1.5 km까지 화염의 크기에 따라 잘 측정되고 있음을 알 수 있다.

5. 결 론

전방위 감시카메라에는 어안렌즈를 이용하여 광대역감시가 가능하도록 LVDS영상출력과 AD컨버터회로로 구성하고 이미지센서, 코텍, IP영상전송과 이를 위한 모듈 및

Table 2. Distance and Flame Size

Distance m (Between the Camera and the Enclosure)	Width cm	Height cm
1,500	84	135
1,400	78	126
1,300	72	117
1,200	67	108
1,100	61	99
1,000	56	90
900	50	81
800	44	72
700	39	63
600	34	54
500	28	45
400	22	36
300	17	27
200	11	18
100	6	9
0	0	0

영상합성 FPGA모듈로 구성하였다. 그리고 물체감지 알고리즘으로 물체 단위레벨링하여 전방위 감시카메라와 추적(PTZ)카메라시스템으로 연동실험하였다. 그 결과 어안렌즈를 통한 주변 360° 전방위 감시 및 이동 물체감지와 사각표시를 잘 하였다. 시스템 연동실험에서는 전방위 감시카메라가 움직이는 물체를 잘 감지하며 사각표시를 하였고 추적카메라와 잘 연동하였으며 확대 추적하였다. 감지카메라와 화염감지 및 온도에 대한 현장실험에서는 오토스캔 중 화염이 감지되었을 경우 멈추며, 해당 화점부분을 카메라가 직시하고 화면의 중심부분으로 이동시켜 온도가 표출되었다. 또한 화염검지시 검지성능인 화염이격거리별 검지에 필요한 발열량의 측정결과로 1.5 km은 3,510 kcal, 1 km은 2,340 kcal, 100 m는 234 kcal로 인정시험 기준 충족에 충분하였다. 거리에 따른 화염검지성능 시험에서는 거리 1.5 km일 때 검지에 필요한 화염의 크기는 폭 84 cm × 높이

135 cm, 1 km일 때는 폭 56 cm × 높이 90 cm, 100 m에서는 폭 6 cm × 높이 9 cm로 산불화재에도 적응성이 충분하였다. 향후 석유·가스비축시설 주위 화재예방 및 침입감시 등의 안전에 기여할 것이며 새로운 해외 시장의 수출 제품으로의 개척도 기대된다.

References

1. D. H. Baik, "Ararm & Security", Dongil Ltd, Korea (2017).
2. D. H. Baik and M. S. Ghil, "A Study on the Development, Performance and Reliability Certification for Fire Detection System in Outdoor Area", Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering, Vol. 27, No. 5, pp. 15-18 (2010).
3. H. O. Lyng, "Characteristics and Analysis of Electronic Components", Sanghakdang Ltd, Korea (2016).
4. D. H. Baik and J. W. Kim, "Fire Sensing and Position Tracing using CCD Camera", Proceeding of 2009 Spring Annual Conference, The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers, pp. 166-168 (2009).
5. D. H. Baik and G. Hwang, "A Study on the Circuits Movement of Single Station Wireless Flame Detector", pp. 166-168 (2010).
6. D. H. Baik and J. W. Kim, "The Study of Fire detector Circuit with Wireless Communication", Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering, Vol. 24, No. 1, pp. 111-115 (2010).
7. S. K. Song, C. H. Han, O. D. Gwen, G. S. Lee, E. S. Kim, S. C. Bae and J. R. Chai, "Remote Module System Design for Performance Improvement of Radiation-Proof Video Camera", Kyungbook Univ. (1999).
8. Korea Testing Laboratory, Test Report, Korea (2015).