

영상화재감지설비 개요 및 성능기준 개발 연구

유송현/연구원

Outline of video image fire detector and study on the development of performance standard

1. 개요

최근 들어 광학기술, 영상처리기술 및 정보처리기술 등의 CCTV 관련 기술이 급격히 발달함에 따라 미국 및 유럽 등의 선진국에서 사용이 크게 늘고 있는 영상화재감지시스템의 도입 배경에 대해서 알아보고 미국 및 유럽의 영상화재감지시스템의 성능기준을 살펴보고 이들 성능기준의 비교연구를 통해 국내 성능기준을 개발하고자 한다. 그리고 개발된 성능기준에 따라 국내에서 개발된 영상화재감지시스템의 소규모 화재시험(small-scale fire test)과 다양한 환경 조건에서 실시한 비화재보 시험결과를 살펴보고 이에 따른 화재시험과 비화재보시험에 대한 개선 대책에 대해서도 논의해보고자 한다.

2. 영상화재감지시스템의 도입

급속한 기술의 발달로 인하여 컴퓨터를 이용한 영상처리기술의 개발이 고도화되고 있다. 광학기술과 정보처리기술의 융합으로 탄생한 기술분야가 CCTV 기술이다. CCTV 기술은 지난 십년간 진화를 거듭해 왔으며 기술보유를 위한 경제적 비용이 크게 감소함에 따라 점점 대중화되고 있어 현재에는 사회 전반에 걸쳐 두루 사용되고 있다. CCTV는 주로 재난 및 범죄예방을 목적으로 광범위하게 사용되고 있으며 범죄예방 분야 및 피의자 검거에서 그 효과가 입증되고 있고 그 중 차량범죄의 예방 및 피의자 검거 능력은 해외에서 입증되고 있다. 따라서 세계적으로도 제도적으로 그 사용이 권장 및 강화되고 있는 실정이다. 이렇게 기존에 보급된 CCTV

기술에 화재감지기술을 접목시킨 새로운 CCTV 시스템이 등장하여 이미 상용화되고 있다. 그러나 이러한 화재감지기술이 접목된 CCTV를 이용한 영상화재감지시스템은 국내에서는 성능평가기준이 마련되어 있지 않아 성능을 확인할 수 없는 제품들이 시장에 출시되고 있어 이에 대한 성능기준의 정립이 필요하다.

3. 영상화재감지시스템의 작동원리

영상화재감지시스템은 기본적으로 CCTV를 이용한 기술로서 가시광선을 이용한 화재감지시스템이다. 실시간으로 감시구역의 화상을 수신하면서 화재발생여부를 소프트웨어 기반의 하드웨어 또는 직접 소프트웨어를 활용하여 감시영역의 영상을 실시간으로 분석하여 화재신호를 검출한다. 본 연구 대상의 영상화재감지시스템의 작동원리는 다음과 같다.

카메라로부터 Grabber Card를 통해 감시지역의 영상신호를 입력 받는다. 그 후 입력받은 RGB 컬러공간을 YCbCr 컬러 공간(YCbCr colour space)으로 변환한다. RGB 컬러 공간은 밝기 변화에 민감하여 영상의 밝기가 변하면 화재 특성을 추출하는데 어려움이 있고 YCbCr 컬러 공간은 색상 정보로부터 휘도를 판별하는 것이 유리하므로 컬러공간을 YCbCr로 변환한다. 이후 최초 입력 영상을 배경 영상으로 저장하고 화재 특성이 감지되지 않는 경우 지속적으로 배경을 갱신한다. 영상에서 변화가 감지된 영역을 관심영역으로 설정하고 관심영역으로 설정된 영역의 화재 특성을 추출하고 색상, 밝기, 주파수,

진폭, 개수, 색상분포, 움직임 특성을 추출한다. 추출된 관심영역의 특성을 파악하여 감시 후보 영역으로 설정한다. 감시 후보 영역에서 화재로 판단되는 영상의 특성이 감시 최소 시간 동안 유지되는 경우에만 화재 경보 판별단계로 진행한다. 이 때 최소 시간 이내에 화재 특성이 없어지는 경우 배경을 갱신하고 재시작한다. 화재 경보 조건에 만족하는 경우 화재 경보 레벨 연산 단계로 진행하고, 화재 경보 조건에 만족하지 못할 경우 배경을 갱신하고 재시작한다. 추출된 화재 특성에 따라 화재 경보 레벨을 연산한다. 화재 경보 신호 전달은 화재 경보 레벨에 따라 외부로 전달한다.

4. 영상화재감지시스템 특징

영상화재감지시스템은 소프트웨어기반인 특성으로 인하여 조명, 배경, 전경, 구름, 안개, 비, 눈의 날씨 등 요인에 크게 영향을 받는다. 따라서 환경에 따라 엔지니어가 설치되는 장소의 고유 환경에 맞게 제품을 설정할 필요가 있으며, 이 이유로 성능기준의 제정에 어려움이 있고, 선진국에서도 최근에 들어서야 기준이 제정 및 보급되고 있는 실정이다. 즉 FM Approval의 경우 2011년 불꽃 및 연기형 영상화재감지시스템의 성능기준이 개발되었고, UL의 경우 2009년 연기형 영상화재감지시스템의 기준이 개발되었으나 UL의 경우 불꽃형 영상화재감지시스템은 아직까지 개발되지 않은 실정이다.

일반적으로 화재로 이어지는 착화가 발생하기 전 연기가 발생하게 되며 이어 불꽃이 발생하여 화재가 성장한다. 이렇게 발생된 화재를 불꽃의 형태로만 감지하는 경우 화재는 이미 재산상의 손실이 발생한 이후이며 일반적인 불꽃감지기만으로는 초기 화재감지가 늦을 가능성도 있다. 따라서 초기화재 감지를 위해 연기감지기를 설치하고 있으나 대규모 공간에서는 건물 내부의 온도차이로 인하여 평상시에도 기류가 발생하고 항공기 격납고, 발전소 터빈홀, 터널, 아트리움 등의 대규모 공간에서는 화재발생전 연기가 발생하더라도 연소생성물의 확산되거나 기류로 인해

희석되기 때문에 기존 연기감지기로 화재를 감지하는데 상당히 오랜 시간이 소요된다. 영상화재감지기의 경우 화재검출을 위해 연소생성물이 확산이 필요하지 않기 때문에 대공간에서의 화재검출시간을 획기적으로 줄였으며 연기식의 경우 기존 재래식 감지기 대비 특히 감지시간에서 이론적으로 월등히 뛰어나다고 할 수 있다.

5. 해외 감도성능기준

5.1 FM Approvals

FM Global은 미국에 본부를 둔 위험관리전문 기관으로서 손해보험, 인증, 재보험 등의 업무를 하고 있으며 FM Approvals는 인증 및 시험 업무를 주로 담당하고 있다. FM Approvals에서는 산업용 및 상업용 제품에 대해 국제적으로도 인정을 받고 있는 제품시험 및 제품인증 업무를 하고 있으며 이러한 자료들은 손해보험인수를 위한 제품 등의 리스크평가를 위한 기본 자료로서 사용되고 있다. FM Approvals 인증을 취득한 제품은 산업용 및 상업용시설에서 사용될 수 있는 국제적인 표준에 적합함을 의미한다고 할 수 있다. FM Approvals에서는 2011년 12월 영상화재감지시스템의 인증기준을 개발하여 현재 시행중이며, 다음과 같다. Class Number 3232. Approval Standard for Video Image Fire Detectors for Automatic Fire Alarm Signaling. 이 성능기준에서 영상화재감지시스템은 연기형과 불꽃형으로 구분하며 그 성능기준을 구체적으로 살펴보았다.

5.1.1 연기형 영상화재감지시스템의 기준

시험항목	성능기준
종이화재	모두 각각의 화재에 대하여 제조사 사양에 따라 만족하여야 한다. (구체적인 사양은 기준에 없음)
목재화재	
가연성액체화재	
훈소화재	

Table 1. Test standards of video image smoke detector

5.1.2 불꽃형 영상화재감지시스템의 기준

시험항목	시험내용	성능기준
N-헵탄 pan 화재	Pan size : (0.3 m × 0.3 m)	화원의 중심으로부터 제조사 사양의 최소 및 최대 거리에서 감도를 검증 30초 이내의 일정한 시간에 경보를 발하여야 함. 감도시험에서는 화원 종류, 화원크기, 최대 및 최소 거리, 및 반응시간에 대해서 시험을 하게 됨. 제조자는 다음의 각 화원에 대한 감도를 규정
알코올 pan 화재	Pan size : (0.3 m × 0.3 m)	
메탄 불꽃	9.5 mm 오리피스로부터의 1m 거리	
종이화재	2개의 0.25 m × 0.25 m × 0.1 m 크기 카보드 상자에 4개의 구겨진 standard letter size의 종이	

Table 2. Test standards of video image fire detector

5.1.3 비화재보시험

영상화재감지설비는 조작된 조명 및 비조작된 조명 모두에서 시험되어야 한다. 이러한 광원으로부터의 거리는 제조사 사양과 감지설비의 유형에 따른다.

시험항목	시험내용	성능기준
직사광선 및 태양광	직사광선 및 반사태양광에 노출한다. (옥외용 영상화재감지설비에 한함)	비 화 재 보 시 험 중 오작동하지 않고 불안정성을 보이지 않아야 함. 또한 영상화재감지시스템은 비 화 재 보 시 험 중 표준시험화재에서 성공적으로 동작하여야 함.
전기용접	(0.3 cm 또는 0.5 cm) (7014, 7013 or 6012 용접봉) 및 180-220A	
흑체	1,500W 전기히터	
인공조명1	100W, 백열전구	
인공조명2	40W, 형광등	
인공조명3	500W, 할로겐등	

Table 3. False Stimuli Test Response

5.2 UL

UL은 미국의 대표적인 제품인증기관 및 위험관

리전문기관으로서 UL규격은 미국의 안전규격으로 사용되고 있으며, 미연방정부의 강제 승인규격이 아닌 비강제 규격이나, 미국 뿐만 아니라 국제적으로도 UL의 신뢰성은 높이 평가되고 있다. 또한 미국으로 제품을 수출하기 위해서는 UL은 강제규격과 같다고 할 수 있을 정도로 제조업체에서도 매우 중요하다고 볼 수 있다. UL 기준에서는 아직 불꽃형 영상화재감지시스템에 대한 성능기준은 제작되지 않았지만 연기형 영상화재감지시스템에 대한 성능기준은 UL 268B로 개발된 바 있다. 이 기준의 기준명은 UL 268B, Video image smoke detectors(영상연기화재감지기)이다. 이 기준에서는 FM Approvals과 달리 시험장 규격이 명확하게 규정되어 있으나 비화재보에 대한 세부기준은 명확하게 제시되어 있지 않았다.

5.2.1 연기형 영상화재감지시스템의 기준

시험항목	시험내용	성능기준
종이화재	가연물 : 검정색 잉크만을 사용한 세질된 신문 가연물 스펙 : 가로 6-10mm, 세로 25.4-102 mm, 질량 42.6g임 전처리 : 습도 50 %, 온도 23도에서 48 시간. 리셉터클 : 지름 102 mm, 높이 0.3 m	Controlled Test Fire에서의 반응 시간은 각각 4분 이하이어야 함.
목재화재	가연물 : kiln dried fir strip. 절단면넓이 : 19.1 mm ² × 길이 152 mm 전체 dimension : 152 × 152 × 64 mm (3.05 m 당 질량 : 0.48-0.60 kg) 점화 : 혼합가연물 4 ml 사용 (95% 에탄올, 5% 메탄올)	
가연성 액체	가연물 : 혼합 가연성 액체 25 mL (25 % 톨루엔과 75 % N-헵탄) 리셉터클 : 직경 158 mm, 높이 32 mm 재질 : 스테리스스틸. 위치 : 시험실 바닥으로부터 0.9 m	

Table 4. Test standards of video image smoke detector

5.2.2 시험실 규격

Dimension	화원의 위치
길이 11 m	시험실 바닥 위 0.91 m에 있도록 규정
폭 6.7 m	
높이 3.0 m	

Table 5. Specification of test lab.

6. 국내 성능검증기준 개발

국내에서는 아직까지 영상화재감지시스템이 크게 보급되지 않은 상황으로 성능검증기준이 개발되지 않은 실정으로, 본 연구를 위하여 FM Approval과 UL 기준등을 참고하여 불꽃형 영상화재감지설비의 성능검증을 위한 기준을 개발하였다.

6.1 Small-scale 화재시험

영상화재감지시스템의 Small-scale 화재시험은 다음의 장소에서 수행한다.

6.1.1 시험온습도

시험은 별도로 지정한 경우를 제외하고 온도는 $(20 \pm 15) ^\circ\text{C}$ 상대습도는 $(65 \pm 20) \%$ 인 범위에서 실시한다.

6.1.2 시험은 시험방법에 따라 실시하되 기준에서 정하지 않은 사항은 가장 열악한 조건으로 시험한다.

6.1.3 시험실 세부조건

6.1.3.1 감도시험을 위한 시험실 치수는 가로 11 m, 세로 6.6 m, 높이 3 m 이다.

6.1.3.2 시험실은 공기의 유동을 최소화할 수 있는 밀폐가능한 장소이다.

6.1.3.3 시험실은 환기설비가 구축되어 있다.

6.1.3.3 시험실은 항온항습설비가 구축되어 있다.

6.1.3.4 시험실의 조명은 고압수은등으로 하며 시험실 각 모서리 상부에 설치되어 있다.

6.1.4 영상화재감지시스템의 기본감도 시험을 위한 화원은 다음과 같이 한다.

6.1.4.1 화원의 종류는 방재시험연구원의 불꽃감지기 품질인증기준(FS075) 및 FM 3260(방사형 에너지 감지 화재감지기), FM 3232(영상화재감지기)에서 공통으로 사용되는 N-헵탄을 선정하였다.

6.1.4.2 감도시험을 위한 화원의 위치는 시험장

정중앙으로 한다.

6.1.4.3 연소판의 크기는 $0.06 \text{ m} \times 0.06 \text{ m}$ 로 한다.

6.1.4.4 화원으로부터 시험체의 이격거리는 다음과 같이 한다.

영상화재감지시스템 카메라 수평 이격거리 : 화원으로부터 수평거리 5 m로 한다.

영상화재감지시스템 카메라 수직 이격거리 : 바닥으로부터 수직거리 2 m로 한다.

6.4.4 시험실 조도는 다음 표의 값으로 한다.

측정장소	수평면 조도(lx)	연직면 조도(lx)
시험실 중앙	22 ± 2	10 ± 1

Table 6. Intensity of illumination of test lab

6.4.5 시험실에 화원에 점화 후, 자기연소상태를 지속시켜 카메라의 작동시간을 측정한다.

6.5 비화재보시험

시험체에 정격전압을 인가한 상태로 $(20 \pm 15) ^\circ\text{C}$ 의 시험환경에서 30분 이상 방치한 후, 다음 각 호의 비화재보원에 대한 작동여부를 시험한다.

6.5.1 전기용접

정격전압 AC 220 V로 작동하는 전기용접기의 아크와 카메라를 5 m 이격시켜 5분 동안 지속적으로 노출시킨다.

6.5.2 백열등

정격전압 AC 220 V, 100 W용 백열등과 카메라 센서를 0.9 m 이격시켜 30분 이상 지속적으로 조사시킨다.

6.5.3 형광등

정격전압 AC 220 V, 40 W용 형광등과 카메라 센서는 0.9 m 이격시켜 30분 이상 지속적으로 조사시킨다.

6.5.4 전기히터

정격전압 AC 220 V, 990 W용 복사열 전기히터와 카메라 센서를 0.9 m 이격시켜 5분 이상 지속적으로 조사시킨다.

6.5.5 섬광등(strobe)

① 섬광등과 카메라 센서는 0.9 m 이격시켜 30

분 이상 지속적으로 조사시킨다.

②섬광등은 시각경보장치의 성능인증 및 제품 검사의 기술기준에 적합한 것으로 한다.

6.5.6 깃발

붉은색의 깃발로부터 카메라를 수평으로 5 m 이격시키고 사람이 팔을 뻗어 깃발을 초당 1회 30 °의 각도로 1분간 흔든다.

6.6 성능요건 : 시스템은 비화재보 신호를 발신하지 않아야 한다.

7. 개발된 기준에 따른 시험결과

7.1 Small-scale 화재시험(불꽃형)

시험체번호 시험항목	1	2	3	성능요건	판정
감도(초)	14	21	15	30초 이내 작동하여야 함	적합

Table 7. Test results of small scale fire test



Fig 1. Photo of small scale test - Fire



Fig 2. Photo of fire source - N Heptane pan

7.2 비화재보시험

시험체번호 시험항목	시험결과	성능요건	판정
전기용접	작동안함	비화재보 신호를 발신하지 않아야 함	적합
백열등	작동안함		
형광등	작동안함		
전기히터	작동안함		
섬광등	작동안함		
깃발	작동안함		

Table 9. Test results of false stimuli test response



Fig 3. Photo of false stimuli test - arc



Fig 4. Photo of false stimuli test - false

8. 논의

영상화재감지시스템은 이미 살펴본 바와 같이 사용환경에 따라 그 특성이 크게 바뀌는 특징이 있다. 이러한 다양한 환경 조건에서 영상화재감

지시시스템의 성능을 확인하기 위하여 성능기준의 개선이 필요하나, 아직 구체적으로 국외의 성능 기준에서는 여러 가지 환경조건에 따른 세부적인 기준에 적용하지 않고 있음을 확인하였다. 이의 보완과 다양한 환경에서 오작동의 발생가능성을 낮추기 위하여 비화재보시험을 실시한다. 기준개발도 국내의 다양한 산업환경에서 오작동 발생을 낮추기 위해 기준에 노력한다. 추후 영상화재감지시스템 제품이 보급되면 여러 가지 사례연구를 실시하여 다양한 환경에서 동작을 확인할 수 있도록 성능기준이 개선할 수 있을 것으로 예상되며, 따라서 제품의 신뢰성 제고를 위해 다양한 사례연구가 필요하다. 또한 해외에서도 이에 대한 비슷한 연구가 진행될 것으로 예상된다.

9. 결론

이상에서 해외 기관의 영상화재감지시스템의 성능기준을 알아보았고 이를 참고하여 고유의 영상화재감지시스템의 기준을 개발하고 그에 따라 불꽃형 영상화재감지설비의 감도시험과 비화재보시험을 실시하였다. 시험 결과 국내 시중에 유통중인 제품의 성능은 해외 우수 위험관리 기관에서 개발된 기준을 변경 개선하여 개발한 국내성능기준에 적합한 것으로 나타났으며, 따라서 그 성능이 국제수준 대비 양호한 것으로 판단된다. 추후 보다 많은 연구가 필요할 것으로 판단되지만 다양한 환경에서도 사용할 수 있음을 확인할 수 있도록 성능기준 연구가 지속적으로 필요할 것으로 판단된다.

10. 참고문헌

Kwang-Ho, "Automatic fire detection system using CCD camera and Bayesian Network", SPIE Vol. 6813, 68130S
 Turgay Çelik, "FIRE AND SMOKE DETECTION WITHOUT SENSORS: IMAGE PROCESSING BASED APPROACH", 15th European Signal Processing Conference

(EUSIPCO 2007), Poznan, Poland, September 3-7, 2007

Sanchez de Muniain, "A whole new world for VSD", THIRD QUARTER 2010, INDUSTRIAL FIRE JOURNAL.

George Hadjisophocleous "Study of Video Image Fire Detection Systems for Protection of Large Industrial Applications and Atria"

Underwriter's Laboratory, "Video Image Smoke Detectors" UL268B, 2009

FM Approvals, "Approval Standard for Video Image Fire Detectors for Automatic Fire Alarm Signaling" Class Number 3232, 2011