

폐쇄회로카메라를 이용한 영상화재감지시스템의 성능시험 결과

개요

최근 영상처리기술 및 통신기술의 급속한 발달로 폐쇄회로텔레비전(closed circuit television, CCTV)의 수요와 공급이 크게 증가하고 있으며 범죄의 예방 등 다양한 목적을 위한 CCTV의 사용도 더불어 증가하고 있다. CCTV 기술은 보안기술과 화재감지기술과 융합되어 현재 상용화되었고 해외뿐만 아니라 국내에서도 그 사용이 범용화되고 있는 실정이다. 본 지에서는 이렇게 개발된 CCTV의 성능검증을 위해 개발된 기준을 소개하고 이와 별도로 국제 기준(ISO)에 따른 small-scale 화재시험을 실시하여 기존 감지기(conventional fire detector)와 영상화재감지시스템의 동작속도를 비교하였다. 현재 개발된 영상화재감지시스템을 활용할 경우 기존의 소방법에 따른 화재감지기를 보완하여 화재감지를 더욱 빨리 하여 화재로 인한 재산과 인명의 손실 경감에 크게 기여할 것으로 보인다.

서론

최근 기술의 급속한 발달로 범죄 및 사고를 예방하고 감시하기 위해 폐쇄회로텔레비전(closed circuit television, CCTV)의 미국 및 유럽 등의 선진국 뿐만 아니라 우리나라에서도 사용이 급속하게 늘어나고 있으며, CCTV의 제조단가가 하락하여 CCTV의 설치가 늘어나는 상승효과도 발생하고 있다. 민간 뿐만 아니라 국가단체에서도 CCTV는 재난 및 범죄예방을 목적으로 광범위하게 사용되고 있으며 CCTV의 사용이 실제로 범죄예방 분야 및 피의자 검거에서 그 효과가 있음이 밝혀진 바 있다. 이러한 CCTV에 화재감지기술을 접목시킨 새로운 CCTV 시스템, 이른바 영상화재감지시스템이 등장하여 이미 상용화된 바 있다. 그러나 이러한 화재감지기술이 접목된 CCTV를 이용한 영상화재감지시스템은 성능평가기준이 마련되어 있지 않으며 성능을 확인할 수 없는 제품들이 시장에 출시되어 소비자는 혼란을 겪고 있고 제조사는 제품성능이 우수함을 입증할 수 있는 방법이 없는 실정이다.

이 글에서는 선진국에서 사용이 크게 늘고 있고 우리나라에서도 최근 일반에 보급되기 시작한 영상화재감지시스템의 개요, 구성, 원리, 성능비교에 대해서 간략히 살펴보고자 한다.

CCTV의 도입 및 확대

현대 사회에 접어들면서 광학기술, 영상처리기술, 정보처리기술 및 통신기술의 급속한 발달로 영상처리기술이 고도화되고 있다. 광학기술과 정보처리기술의 융합으로 탄생한 기술분야가 CCTV 기술이다. CCTV 기술은 지난 세기 동안 진화를 거듭해 왔으며 기술보유를 위한 경제적 비용이 크게 감소함에 따라 점점 대중화되고 있어 현재에는 사회 전분야에 걸쳐 두루 사용되고 있다. CCTV는 주로 재난 및 범죄예방을 목적으로 사용되고 있으며 범죄예방 분야 및 피의자 검거 능력은 해외에서 먼저 입증된 바 있다. 이러한 효과로 인하여 선진국에서도 제도적으로 그 사용이 권장 및 강화되고 있는 실정이며 국내에서도 주차장법 등 다수의 법률에서 폐쇄회로카메라와 녹화장치의 설치와 유지관리를 강제하고 있는 실정이다. 프랑스의 사례를 보면 프랑스 정보보안규제 기관인 데이터보호청에서는 2011년 영상감시 분야를 집중 조사 영역으로 선정한 사례가 있다.

<표 1> 국내 폐쇄회로카메라 등의 설치를 강제하는 법령

CCTV 설치 관련 법령
주택법 및 주택법 시행규칙
주택건설기준 등에 관한 규정
아동복지법
주차장법 시행규칙
지하공공보도시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙
국회에서의 중계방송 등에 관한 규칙
자전거 이용시설의 구조·시설 기준에 관한 규칙
공공기관의 개인정보보호에 관한 법률 및 동법 시행령
산림보호법 및 산림보호법 시행규칙
주취자안정실 운영규칙

CCTV의 구성 및 영상화재감지시스템의 개요

CCTV는 폐쇄회로텔레비전(Closed Circuit Television)의 약자로서 개회로텔레비전(Open Circuit Television)과 대비되는 용어로서 개회로텔레비전의 수신자가 다수의 특정되지 않는 인원을 대상으로 하는 것과 비교하여 특정된 수신자를 대상으로 하는 영상감시시스템을 일컫는다. 개회로텔레비전의 예로는 공중파 TV 방송을 들 수 있다. CCTV는 일반적으로 DVR, MONITOR, CAMERA, LENS, Housing 등으로 구성되어 있으며 렌즈를 통해 피사체의 화상이 카메라에서 전기신호로 변환되며, 전기신호는 모니터를 이용해 재생되고 이 영상신호는 DVR 등의 전문장비를 통해 저장된다. 현재 다수의 법령에서는 CCTV는 이를 지칭하는 용어가 통합되지 않아 폐쇄회로텔레비전, 영상정보처리기기 등의 다양한 이름으로 칭해지고 있다.

영상화재감지시스템은 상기 CCTV에 화재를 감시할 수 있는 기술이 융합된 장비로서 주로 다음 두 가지 방식의 시스템이 개발된 상태이다.

첫 번째 방식은 카메라에 화재감지알고리즘을 구현하여 설계함으로써 화재발생 시 카메라에서 화재신호를 발신할 수 있도록 구현한 것이다. 이 방식은 모든 카메라에 화재감지를 위한 추가 모듈을 설치해야 함으로 제작 단가가 비싸지는 단점이 있다. 두 번째 방식은 카메라에서 영상신호를 발신하면 이를 DVR(Digital Video Recorder)등의 영상분석장비를 이용하여 화재신호를 검출하는 것이다. 이는 화재신호를 통합검출하기 때문에 카메라마다 별도의 모듈을 설치할 필요가 없어 경제적이며 현재 국내에 보급된 모든 CCTV카메라에 즉시 적용가능하다는 장점이 있으며, 이 글에서 다루고 있는 영상화재감지시스템이 이에 해당한다. 현재 국내에서는 영상화재감지시스템은 소방관련 법령에서 규정하고 있는 자동화재탐지설비에 추가하여 별도로 소비자가 자진하여 설치하는 장비로서 기존 자동화재탐지설비의 보완설비로 볼 수 있다.

<그림 5> 폐쇄회로텔레비전 시스템의 일반적인 구성



영상화재감지시스템의 작동원리

영상화재감지시스템은 기본적으로 CCTV를 이용한 기술이며 일반적인 카메라를 활용하기 때문에 가시광선 기반 화재감지시스템이다. 실시간으로 감시구역의 화상을 수신하면서 화재발생여부를 하드웨어 또는 소프트웨어를 활용하여 감시구역의 영상을 실시간으로 분석하여 화재신호를 검출한다. 영상화재감지시스템의 작동원리는 다음과 같다.

카메라로부터 Grabber Card를 통해 감시구역의 영상신호를 입력 받고, 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 색차 정보로부터 휘도를 판별하는 것이 유리하므로 컬러공간을 YCbCr로 변환한다. 이 후 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 경우 화재 경보 판별단계로 진행한다. 추출된 화재 특성에 따라 화재 경보 레벨을 연산한다. 화재 경보 신호 전달은 화재 경보 레벨에 따라 외부로 전달한다.

영상화재감지시스템의 특성

영상화재감지시스템은 화재에서 발생하는 가시광선을 이용하여 화재신호를 검출하기 때문에 연소생성물로 화재를 감지하는 기존 감지기와 달리 설치장소의 조명, 배경, 전경, 구름, 안개, 비, 눈의 날씨 등의 요인에 크게 영향을 받는다. 따라서 환경에 따라 엔지니어가 설치되는 장소의 고유 환경에 맞게 제품을 설정할 필요가 있다. 또한 영상화재감지시스템은 이러한 특성 때문에 설치장소에 무관한 통일화된 성능기준의 제정에 어려움이 있고, 선진국에서도 최근에 들어서야 기준이 제정 및 보급되고 있는 실정이다. 미국의 대표적인 보험업자이자 위험관리 전문기관인 FM Global의 FM Approval에서는 2011년 불꽃 및 연기 영상화재감지시스템의 성능기준이 개발되었고, 미국에 본부를 두고 있는 세계적인 보험업자 연구소인 UL의 경우 2009년 연기형 영상화재감지시스템의 기준이 개발되었으나 UL의 경우 불꽃 영상화재감지시스템은 아직까지 개발되지 않은 실정

이다.

일반적으로 화재가 발생하는 경우 연기가 가장 먼저 발생하고 이어 착화가 되며 그 후 불꽃이 발생하여 화재가 성장하는 순서를 거친다. 따라서 화재를 불꽃의 형태로만 감지하는 경우 화재는 이미 재산상의 손실이 확대된 이후로 볼 수 있으며 불꽃감지기만으로 화재를 감지하는 경우 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 화재 발생전 연기가 발생하더라도 연소생성물의 확산되거나 기류로 인해 희석되기 때문에 기존 연기감지기로 화재를 감지하는데 상당히 오랜 시간이 소요된다. 영상화재감지기의 경우 이론적으로 화재검출을 위해 연소생성물이 확산이 필요하지 않기 때문에 대공간에서의 화재검출시간을 크게 줄일 수 있다.

기존 화재감지기의 화재감지 특성

현재 창고건물 또는 공장건물과 같은 대형 개방공간의 건물에서는 화재가 발생할 경우 열이나 연기와 같은 연소생성물을 이용해 화재를 감지하는 감지기의 설치가 일반화되어 있다. 그러나 기존의 감지기의 경우 대부분 대형 개방공간에서는 작동속도가 매우 느려서 화재감지기가 작동할 경우 이미 화재가 크게 확산되어 있는 상태로 진화가 늦고 인명 및 재산피해가 급격히 증가할 확률이 커진다. <그림 2> 표준화재 온도 곡선 참조

<그림 2> 표준화재 온도곡선



따라서 천장고가 20m 이상의 매우 높은 건물과 같이 개방공간이 큰 건물은 화재로 인한 연기 및 열 확산을 감지하는데 오랜 시간이 걸리기 때문에 특히 민감한 화재감지기가 요구되고 있으며 당해 건물에 대해서는 불꽃감지기 또는 광전식 아날로그감지기를 위주로 설치하도록 규정하고 있다. 그러나 불꽃감지기의 경우 상당히 고가의 제품으로 소비자 및 건설사는 사용을 꺼려하고 있으며, 광전식 아날로그 감지기의 경우 해당 사업장에 적합하게 화재감도의 정밀 조정이 필요한 실정이나 각 사업장 별로 아날로그감지기의 감도 정밀 조정이 얼마나 정확하게 되어 있는지 확인이 어려운 상태이다. 또한 소방법 개정 이전 높은 층고 건물과 소방법에서 규정하고 있지 않은 낮은 층고의 넓은 개방공간의 건물은 기존 높은 층고의 건물과 유사한 기체 유동특성을 가지고 있어 기존 감지기로 감지가 매우 늦을 수 있는 문제점이 있다.

해외 영상화재감지시스템의 성능기준

- 미국 FM Approvals

FM Global은 미국에 본부를 둔 위험관리전문 기관으로서 손해보험, 인증, 재보험 등의 업무를 하고 있으며 그 산하의 FM Approvals는 인증 및 시험 업무를 주로 담당하고 있다. FM Approvals에서는 국제적으로 인정을 받고 있는 산업용 및 상업용 제품에 대한 시험 및 인증 업무를 하고 있으며 이러한 자료들은 손해보험인수를 기본 자료로서 사용되고 있다. FM Approvals 인증을 취득한 제품은 산업용 및 상업용 시설에서 사용에 적합한 국제적인 표준에 적합함을 의미한다고 할 수 있다. FM Approvals에서는 2011년 12월 영상화재감지시스템의 인증기준을 제정하여 현재 시행 중이다. 이 성능기준에서 영상화재감지시스템은 연기형과 불꽃형으로 구분하며 그 성능기준을 구체적으로 다루고 있다.

<표 3> 연기형 영상화재감지시스템의 성능기준

시험항목	성능기준
종이화재	모두 각각의 화재에 대하여 제조사 사양에 따라 만족하여야 함.
목재화재	
가연성액체화재	
훈소화재	

<표 4> 불꽃형 영상화재감지시스템의 성능기준

시험항목	시험내용	성능기준
N-헵탄 pan 화재	Pan size (0.3 m × 0.3 m)의 N-헵탄으로 화재시험 실시	화원의 중심으로부터 제조사 사양의 최소 및 최대 거리에서 적합하여야 함.
알코올 pan 화재	Pan size (0.3 m × 0.3 m)의 알코올으로 화재시험 실시	단, 30초 이내의 일정한 시간에 경보를 발하여야 함.
메탄 불꽃	9.5 mm 오리피스로부터 1m 거리에서 화재시험 실시	감도시험에서는 화원종류, 화원크기, 최대 및 최소 거리, 및 반응시간에 대해서 시험을 하게 됨.
종이화재	2개의 0.25 m × 0.25 m × 0.1 m 크기 카보드 상자에 4개의 구겨진 standard letter size의 종이를 넣고 화재시험 실시	제조자는 다음의 각 화원에 대한 감도를 규정

- 미국 UL 성능기준

<표 5> 연기형 영상화재감지시스템의 성능기준

시험항목	시험내용	성능기준
종이화재	가연물 : 검정색 잉크만을 사용한 세절된 신문 가연물 스펙 : 가로 6-10mm, 세로 25.4-102 mm, 질량 42.6g임 전처리 : 습도 50 %, 온도 23도에서 48시간. 리셉터클 : 지름 102 mm, 높이 0.3 m	
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)	Controlled Test Fire에서의 반응 시간은 각각 4분 이하이어야 함.
가연성 액체	가연물 : 혼합 가연성 액체 25 mL (25 % 톨루엔과 75 % N-헵탄) 리셉터클 : 직경 158 mm, 높이 32 mm 재질 : 스텐리스스틸. 위치 : 시험실 바닥으로부터 0.9 m	

※ 시험실 규격 : 길이 11m × 폭 6.7m × 높이 3m

※ 화원의 높이 : 바닥위 0.91m

UL은 미국의 대표적인 제품인증기관 및 위험관리전문기관으로서 UL규격은 미국의 안전규격으로 통용되고 있으며 미국 뿐만 아니라 국제적으로도 UL의 신뢰성은 높이 평가되고 있다. 또한 미국으로 제품을 수출하기 위해서는 UL의 성능기준은 필수적으로 통과해야하는 만큼 제조업체에서 UL의 성능기준 준수는 매우 중요하다. UL의 성능기준에서 불꽃형 영상화재감지시스템에 대한 성능기준은 개발되지 않았지만 연기형 영상화재감지시스템에 대한 성능기준은 UL 268B로 개발된 바 있다. 이 기준에서는 FM Approvals과 달리 시험장 규격이 명확하게 규정되어 있으나 비화재보에 대한 세부기준은 명확하게 제시되어 있지 않았다.

기존 화재감지기 동작속도

새롭게 개발된 영상화재감지시스템과 기존 일반감지기의 성능비교를 통해 영상화재감지기가 어느 정도 화재감지에 효과가 있는지에 대한 검증 필요성이 있어 다음과 같은 시험을 수행하였다.

아래는 일반 화재감지기의 국제성능기준인 ISO의 감지기 시험방법에 일반감지기 12개를 시험한 결과를 나타낸 표이다. 여기에는 산업현장에서 가장 흔하게 사용되는 형식승인 받은 12개의 스포트형열감지기(차동식) 및 스포트형연기감지기(광전식)가 사용되었다.

<표 6> 기존 감지기의 동작 속도

감지기번호 \ 감지기동작시간	차동식감지기(초)	광전식감지기(초)
1	56	동작안함
2	52	동작안함
3	60	동작안함
4	76	동작안함
5	108	동작안함
6	97	동작안함
7	86	동작안함
8	85	동작안함
9	117	동작안함
10	120	동작안함
11	95	동작안함
12	75	동작안함
평균	85.58333	동작안함

건물크기 : 6 m(W) × 10 m(L) × 3 m(H) (ISO 규격)

화원 : 0.33 m × 0.33 m PAN 위 N-헵탄

결과를 살펴보면 12개의 차동식감지기는 화재가 감지하는 평균 동작속도는 85 초이고 광전식감지기의 경우 12개 전체 감지기가 작동을 하지 않고 있음이 확인되었다. ISO 규격의 화재시험장은 현재 다수의 산업현장에서의 건물보다 훨씬 작은 규모의 건물이다. 우리는 산업현장의 다수의 대형 공장건물 등의 개방건물에서 차동식감지기와 광전식감지기만 설치되어 있는 것을 어렵지 않게 확인할 수 있다.

영상화재감지시스템의 동작속도

최근 개발 및 보급되고 있는 CCTV를 이용한 영상화재감지시스템은 그 품질과 성능면에서 우수하여 이미 한국화재보험협회부설 방재시험연구원에서 품질인증을 획득한 바 있다. 이러한 영상화재감지시스템은 위의 재래식 감지기를 시험한 동일한 ISO규격 시험장에서 기존감지기의 시험에 사용된 크기보다 작은 규격의 시험 PAN(0.06 m × 0.06 m)으로 화재시험 실시하였다. 시험 결과 영상화재감지시스템은 기존 감지기보다 훨씬 빠른 시간 내에 작동함이 확인되었다. 따라서, 열기류의 확산속도에 매우 많은 시간이 소요되어 화재감지기로 화재감지가 매우 늦을 것으로 추정되는 개방된 공장, 창고 등의 대형건물에서는 그 효용이 매우 클 것이라 판단된다.

<표 10> 영상화재감지시스템 동작 속도

시스템 구분	1	2	3	1	2	3
	(수신기)	(수신기)	(수신기)	(수신기)	(수신기)	(수신기)
동작속도(초)	1	2	3	4	5	6
	(카메라)	(카메라)	(카메라)	(카메라)	(카메라)	(카메라)
동작속도(초)	14	21	15	21	11	11

건물크기 : 6 m(W) × 10 m(L) × 3 m(H) (ISO 규격)

화원 : 0.06 m × 0.06 m PAN 위 N-헵탄

<그림 3> 영상화재감지기 화재실험



<그림 4> 영상화재감지기 화재실험 -
N Heptane pan



결론

이상에서 해외 기관의 영상화재감지시스템의 성능기준을 알아보았고 이와는 별도로 기존 감지기의 국제성능기준인 ISO 기준에 따라 기존감지기와 영상화재감지시스템의 화재시험을 진행하였으며 그 결과 큰 공간에서 새롭게 개발된 영상화재감지시스템의 성능이 소방법에 따른 기존 화재감지기보다 동작 속도가 우수함이 나타났다. 따라서 이미 CCTV 등이 설치된 사업장에서 이를 보완하여 영상화재감지시스템을 추가로 운용한다면 기존 화재감지기만 설치된 사업장보다 화재로 인한 인명과 재산 손실을 낮추는데 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

Kwang-Ho, "Automatic fire detection system using CCD camera and

Bayesian Network”, SPIE Vol. 6813, 68130S

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

기고 : 방재시험연구원 품질인증팀 과장 유송현