VSD(Video Smoke Detection System) 동영상 화재감지시스템의 이해

이 명 호
신화전자 주식회사
(mhlee@shinwhaelc.com)

1. 서 론

현대사회에서는 복잡하고 다변화된 생활로 인하여 각종 공동 생활시설, 다양한 건축물 및 초대형 건물 등의 건설이 급증하고 있으며, 이러한 건축물들은 각종 플랜트 현장, 위험물 시설 및 터널(도로, 철도 및 지하철) 등과 같은 방호대상물과 더불어 더욱더 효과적이고 빠른 화재감지기술을 필요로 하고 있는 실정이다.

이러한 건축물 및 구조물들의 내부에는 다양한 종류의 가연물과 불특정 다수의 사람들이 상존하며 사회적으로 매우 중요한 시설물인 관계로 일단의 사고가 발생할 경우에는 엄청난 규모의 피해가 전체 사회로 확산될 것을 충분히 예상하면서도 환경적, 구조적 특징 등으로 인하여 그 중요성에 비하여 마땅히 적합한 자동화재탐지설비를 설치하지 못하였다.

최근 비약적인 발전을 거듭하고 있는 소프트웨어 영상처리기술의 일종으로서 획기적으로 개발된 CCTV 카메라의 비디오 영상정보를 이용한 VSD(Video Smoke Detection) 동영상 화재감지시스템은 일반감지기의 적용이 어려운 상가와 같은 특수장소에 효과적으로 사용될 수 있다. 이에 대한 구체적인 기술사양, 구성, 성능 및 적용 등에 대하여 검토하고자 한다.

2. VSD Technology

VSD 시스템은 CCTV 카메라에서 보여지는 비디오 영상을 고성능 컴퓨터로 분석하는 기술에 그 바탕을 두고 있다. 발달된 영상 처리기술과 고도의 감지 알고리즘을 이용하는 VSD 시스템은 각종 양태의 연기 유동 특성들을 자동으로 구분해 낼 수 있다. 화재감지기 산업에서 보유하고 있는 가연물의 연소생성물 이동 특성에 대한 풍부한 테스트 결과들은 정확한 화재감지를 위한 소프트웨어 분석 기술에 이용되고 있다. VSD 시스템은 정밀한 소프트웨어 분석 능력을 이용하여 증기, 분진 또는 연기까지도 구분할 수 있다.

VSD 시스템은 표준형 CCTV가 사용되며 VSD 메인 컨트롤러의 비디오 수신모듈과 연결된다. VSD 시스템은 비디오 영상에 나타나는 소량의 연기도 인식할 수 있고 운영자에게 여러 형태의 원격 출력으로 화재경보를 줄 수 있다.

VSD 시스템은 8대까지의 카메라에서 수신되는 비디오 영상정보를 동시에 처리할 수 있는 고도의 알고리즘 처리 성능을 갖고 있다. 정상 운전 상태에서 시스템에 연결된 8대의 카메라 영상신호는 각 채널별로 초당 5번씩 분석된다.

VSD 메인 컨트롤러는 8개의 영상신호들을 동시에 실시간으로 디지털 변환할 수 있도록 설계되었다. 이는 시스템이 영상을 다중화 하지 않으므로 어떤 정보도 분실되거나 지연되지 않음을 의미한다. 모든 화재신호들은 하나의 이미지로 기록되며, 시간과 날짜가 표시되어 시스템의 저장 장치에 저장된다.

VSD 시스템은 디지털화 단계에서 이미지내의 작은 연기 발생 부분의 변화를 감지하고 주처리장치는

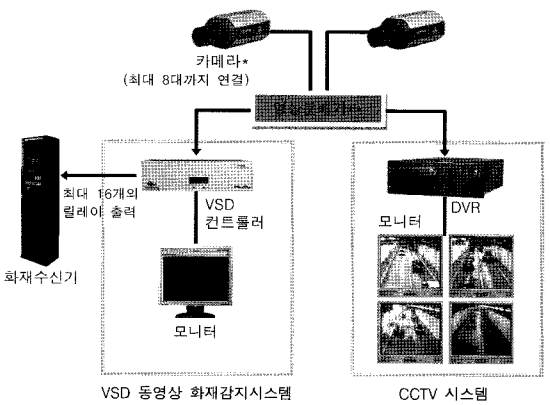
더욱 정밀한 필터링 작업을 통하여 이러한 화소(Pixel) 변화들만을 분석한다.

비디오 영상정보는 일련의 필터링 장치에 보내지고, 이 장치는 연기와 관련된 고유의 특성을 찾아낸다. 이 때, 필터링된 연기 특성의 관계에 대한 심층적인 분석이 시행되고 VSD 시스템은 확실히 연기가 존재한다고 결정할 만한 모든 조건들을 분석하여 화재유무를 판단하게 된다.

VSD 시스템은 연기의 양과 연기가 존재하는 시간에 따라 화재경보점을 달리 설정할 수 있다. 비디오 화면의 이미지상에 여러 개의 구역을 생성하여 경계구역을 설정할 수 있고 2개 이상의 구역에 연기가 존재할 경우에만 경보를 발하도록 프로그램이 가능하다. 또한, 첫 번째 카메라에서 발생된 연기는 예비경보, 두번째 카메라에서 발생된 연기는 실제경보로 구분하여 설정이 가능하다.

3. VSD 시스템의 구성

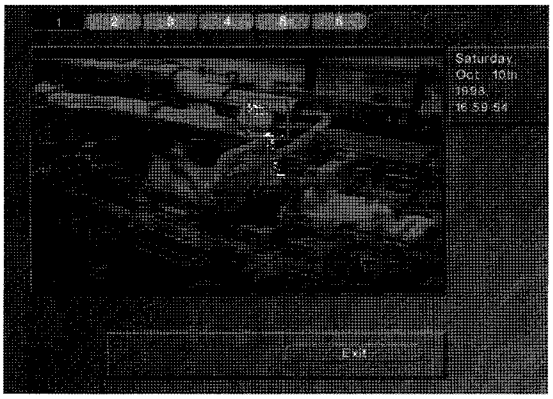
VSD 시스템은 메인 컨트롤러인 산업용 컴퓨터, 마우스, 키보드, 모니터 및 CCTV 카메라 등으로 구성된다. CCTV 카메라로부터 얻어지는 비디오 영상신호는 영상분배기를 이용하여 메인 컨트롤러 내부에 장착된 고성능 비디오 수신모듈로 연결된다. CCTV 카메라와 영상분배기가 기존에 설치되어 있다면 추가 장비의 설치없이 시스템 구성이 가능하다. 다음은 CCTV 시스템과 같이 설치된 일반적인 VSD 시스템의 구성을 나타낸다.



* 기존 설치된 카메라를 이용하거나 필요 시 신규 설치
** 기존 설치된 영상분배기를 사용하거나 필요 시 신규 설치

VSD 시스템은 대부분 마우스를 사용하여 조작할 수 있으며, 일부의 기능들은 키보드를 이용하여 접근할 수 있다. 출력 접점들은 메인 컨트롤러 후면의 출력모듈에서 제공되며 표준 'D' 타입 플러그를 사용하여 연결한다.

VSD 시스템의 모니터는 8대의 카메라 중 감지 모드에 있는 한 대의 카메라로부터 수신하는 디지털화된 비디오 영상, 조작버튼, 설정된 그래픽, 구역정보, 예비경보, 실제경보 및 선택된 카메라의 정보 등을 나타낸다. 다음은 VSD 시스템의 모니터를 통하여 표시되는 실시간 운영화면이다.



4. VSD 동영상 화재감지시스템의 성능

4.1 신속한 화재감지

VSD 시스템은 연기의 입자가 사람의 눈에 보이기 전에 화재의 초기단계에서 조기화재경보를 제공한다. 이는 비디오 이미지상의 소량의 연기를 화소(Pixel)의 변화를 통해 메인 프로세서에서 분석이 가능하기 때문이다. 또한, 가연물에서 발생하는 연기를 직접 감시할 수 있으므로 일반감지기와 같이 연기가 감지기에 도달하는 시간이 필요하지 않아 획기적으로 화재감지시간을 줄일 수 있다.

4.2 실시간 정밀감지기능

VSD 시스템은 방호구역의 연기농도를 실시간 감시하여 위치 별 또는 지역(Zone) 별 세분화하여 미

세한 연기의 변화를 감지한다. 비디오 영상의 최첨단 소프트웨어 분석 기술은 정밀한 화재감지 성능을 구현한다.

4.3 장거리 감지 기능

VSD 시스템은 CCTV 카메라 렌즈의 사양 및 설치높이에 따라 감지구역의 범위가 결정된다. 통상적으로 화면에 보여지는 방호구역 전체가 화재감시 구역이 된다.

4.4 최악의 환경조건에서의 사용

CCTV 카메라는 방폭, 분진, 극저온, 다습 및 옥외 지역 등에서 원활히 작동할 수 있도록 적절한 하우징의 설계가 가능하므로 거의 모든 환경에 설치가 가능하다. 또한, 비디오 영상을 분석하는 메인 컨트롤러는 일반적으로 운영실내에 설치되므로 어떠한 설치환경에서도 내구성이 보장된다.

4.5 기존 화재수신기와의 호환

VSD 시스템은 16개의 릴레이 출력을 통하여 기존의 P형 또는 R형 화재수신기와 정상적으로 연결될 수 있다.

4.6 기존 CCTV 카메라의 사용으로 설치비 절감

VSD 시스템은 기존의 CCTV 카메라를 이용하여 구성이 가능하므로 배관, 배선 설치비용 및 추가의 카메라 설치 비용이 필요하지 않아 설치비가 상당히 절감된다.

5. VSD 동영상 화재감지시스템의 설계

5.1 카메라의 설계

VSD 시스템은 현장의 조명상황에서 선명한 이미지를 만들 수 있는 모든 표준 CCTV 카메라(PAL 또는 NTSC)와 설치될 수 있다. 최소 380 TV 라인이 제공되더라도 카메라의 해상도는 크게 중요하지 않다. 하지만, 해상도가 좋을수록 더욱 정확한 연기 감지가 가능하다.

다음은 이러한 최적의 설계를 위해 필요한 카메라의 최소 사양들이다.

- 380 TV 라인
- 자동 화이트 밸런스(White Balance)
- 자동 게인 조절(Gain Control)
- 수동 초점이 가능한 자동 Iris 렌즈

카메라는 가능한 튼튼한 구조물에 설치되어야 한다. 자동 카메라 흔들림 보상은 시스템에 포함되어 있으나 많은 양의 진동이 있다면 감지 감도가 줄어드는 현상이 발생한다.

VSD 동영상 화재감지시스템은 고정형 또는 PTZ 카메라와 함께 사용될 수 있다. 다만, PTZ 카메라를 사용할 경우에는 수동으로 카메라를 조작한 후 자동으로 원래 설정된 화면으로 복귀할 수 있도록 사전설정(Pre-set)이 되어야 한다. 줌이 지속적으로 조정되거나 자동 초점이 되어서는 안 되는데, 이는 시스템이 현재 비디오 이미지와 오랜 시간 동안 확립된 표준 이미지를 비교하기 때문이다. 그러므로, VSD 동영상 화재감지시스템은 고정형의 카메라와 함께 설치되도록 권장되며, PTZ 카메라와 함께 사용될 경우에는 반드시 사전 설정(Pre-set)이 필요하다. VSD 동영상 화재감지시스템은 카메라가 이동하는 동안 연기를 감지할 수 없다.

5.2 렌즈의 설계

좋은 품질의 자동 Iris 렌즈의 사용이 권장된다. 렌즈의 크기는 감지될 수 있는 최소 연기량이 모니터 화면의 10% 높이에 도달하는 것으로 계산하여 설계된다. 이러한 최소 연기량의 계산은 방호구역의 가장 먼 지점을 고려하여 이루어져야 한다. 실제 설계시 가장 먼 지점에서 화면의 10% 높이를 차지하는 사람을 이용하여 렌즈의 크기를 선택할 수 있다.

아래의 공식을 이용하여 해당 방호구역에 필요한 렌즈의 크기를 결정한다.

- F=렌즈의 초점거리(mm)
- v=CCD Imager의 세로 치수
- V=타겟 대상의 세로 치수(m)
- D=타겟 대상과 렌즈 사이의 거리(m)

카메라	CCD Imager의 세로 치수 (v)
1/3"	3.6 mm
1/2"	4.8 mm
2/3"	6.6 mm

$$F = \frac{v}{V} \times D$$

상기의 공식은 화면을 채우는 타겟 대상에 대한 초점거리를 제공하며, 시스템 설계를 위한 계산의 결과값은 10으로 나누어져야 한다.

예를 들어, 1/2" CCD 카메라를 사용하며 카메라로부터 100 m 떨어진 곳에 키 1.8 m인 사람이 서 있다고 가정하면 필요한 렌즈의 크기는 다음과 같이 계산된다:

$$F = \frac{4.8}{1.8} \times 100$$

여기서 F값은 267 mm이다. VSD 시스템의 적정한 설계를 위해 사람이 화면의 10% 높이에 해당하도록 계산할 수 있으므로 결과값은 10으로 나누어져야 한다. 그러므로, 상기의 예에서 정확한 초점거리는 대략 27 mm 정도이다.

비디오 이미지에 대한 일반적인 가로 세로비(Aspect Ratio)는 4:3(수평:수직)이며 폭의 범위는 수직의 약 1.33배가 된다. 렌즈 설계 시 방호구역의 모든 부분이 VSD 시스템에 의해 정상적으로 감시될 수 있도록 해당 구역 카메라의 화각이 서로 겹치도록 한다.

5.3 카메라 위치 선정

카메라는 모든 방호구역이 VSD 화면 내에 포함될 수 있도록 위치해야 한다. 예를 들어, 단순한 사각형의 방은 연기가 현장의 화면 내에 항상 존재할 수 있도록 서로 반대 코너에 각각 1대씩의 카메라를 설치하도록 한다. 카메라에 매우 근접하여 발생한 연기는 전체 이미지를 가리는 현상 때문에 감지하기 어려울 수가 있다. 이는 한정된 공간에 하나 이상의 카메라를 사용해야 하는 중요한 이유중의 하나이다.

실제로 작은 면적의 방에 설치되는 경우는 드물며, 카메라 위치선정 시 중요한 원칙은 화재가 발생할 가능성이 있는 지역이나 모든 공장, 설비 그리고 다른 장애물 등의 상부공간의 일반적인 시야를 제공하는 지역으로부터 카메라 이미지를 얻는 것이다. 통풍과 다른 공기의 이동으로 인하여 원래 연기가 발생한 장소에서 상당히 먼 곳까지 이동할 수 있다는 사실을 충분히 고려하여야 한다. 설비 등 큰 장비에서 상당히 멀리 떨어진 곳에 카메라를 설치하면 이러한 현상을 피할 수 있다.

시야에 일직선으로 위치하는 물체들은 이미지의 상당 부분을 가리기 때문에 가능한 한 피해야 한다. 이런 예들로 설계자가 간과할 수 있는 파이프 작업과 비계들이 있으며 이러한 것들을 고려하지 않는다면 문제가 발생할 수도 있다.

6. VSD 동영상 화재감지시스템의 적용

6.1 옥외, 방진, 방폭지역

화재 시 화재감지기의 설치가 어려운 옥외의 방호구역, 발화지점의 파악이 어렵고 급속히 화재가 확대 전파 되는 방진 및 방폭지역과 같은 장소에서는 재래식 감지기로서는 정확한 조기감지가 어려우며, 환경적인 문제로 시스템의 유지보수가 어렵다. VSD 시스템은 다량의 먼지, 습기, 급격한 온도변화 및 혹한에 내구성을 발휘하여 아래와 같은 악조건의 환경에서도 최상의 성능을 발휘한다.

- 원자력 및 화력발전소, 변전소
- 석유화학플랜트, LNG Tank, 위험물 저장탱크
- 시멘트공장, 제지공장, 수처리 시설
- 기타 옥외 지역(산불 감시 등)

6.2 아트리움과 같은 대공간

아트리움과 같은 높은 층고와 넓은 방호공간들은 화재 시 화재감지기가 열 또는 연기를 감지하기에 어려우며, 조기 화재감지가 불가능하다. VSD 시스템은 미량의 연기 발생 시에도 정확하고 빠른 화재감지특성을 제공한다.

- 아트리움
- 항공기 격납고
- 쇼핑센터
- 랙크식 창고, 냉동창고

6.3 터널과 같은 장대 밀폐공간

터널(도로, 철도 및 지하철) 또는 열차 승강장 등에서의 화재는 다양한 내장재를 연소시키면서 다량의 독성가스를 발생한다. 이와 같은 장대 밀폐공간에서의 화재는 조기에 정확한 발화위치의 파악이 필

수적이다. 또한, 터널과 같은 장대 밀폐공간에서의 화재는 빠른 기류 및 높은 층고로 인하여 조기 화재감지가 매우 어렵다. VSD 시스템은 발화지점에서의 초기 연기를 감지하여 정확한 발화위치의 화재경보를 제공한다.

6.4 기타 일반감지기의 적용이 어려운 장소

고가의 제품 및 설비가 설치되는 장소, 전산실, 유적 및 박물관과 같은 장소 등에서는 조기 화재감지가 필수적이다. VSD 시스템은 상기와 같이 일반 감지기의 적용 및 조기 화재경보가 어려운 방호공간에서도 최적의 화재감지 특성을 제공한다.

7. 결 론

지금까지 CCTV 카메라의 비디오 영상을 이용한 VSD 동영상 화재감지시스템을 개략적으로 소개하였다. 현대의 화재감지기술은 시방위주의 설계 시 적용될 수 있는 기존의 화재감지시스템과 비교하여 비약적으로 발전이 거듭되고 있으며, 이러한 새로운 화재감지기술은 현재 법적인 테스트 기준이 마련되어 있지 않아 기술의 우수성에도 불구하고 제품의 실용화에 많은 제약을 받고 있다. 이에 따라, 소방법에 따른 형식승인을 득할 수 있도록 신속한 관련 법의 개정이 필요하며 이는 향후 지속적으로 개발될 신기술의 화재감지기술을 포함하고 있음은 물론이다.

터널, 아트리움과 같은 대공간, 빠른 기류가 상존하는 방호구역 및 일반 감지기의 적응이 어려운 환경 등에서는 법적인 화재감지기를 설치함에도 불구하고 연기의 단층화, 희석, 환경적인 영향 등으로 인하여 실제 화재 시 필요한 조기 화재경보의 실현이 거의 불가능한 것이 지금까지의 현실이었다. 이에 따라, 획기적이고 새로운 화재감지기술의 지속적인 개발 및 상용화가 이루어질 수 있도록 여러 관련분야 종사자들의 지속적인 관심이 필요하다.

〈저 자〉
이 명 호
신화전자 주식회사
mhlee@shinwhaelc.com