

도시철도 역사 지능형 화재감시시스템 구축방안 연구

Introduction of Intelligent Fire-disaster Surveillance System for Subway Station

신정열* 안태기* 전보익** 김갑영** 김형민*** 윤병주****
Shin, Jeong Ryol An, Tae Ki Jeon, Bo Ik Kim, Gab Young Kim, Hyung Min Yun, Byeong Ju

ABSTRACT

Subway system including light-rail transit system is the representative public urban transportation. Accordingly, Nothing is more important than the safety operation as well as passengers' convenience. Due to the fire disaster of Daegu subway on 2003, more strict regulations of detecting fire and of conducting on emergency circumstances. However, regardless of this improved management, it was reported that installations of lots of fire-detection facilities may be harm than good to operate subway system due to frequent malfunction of some fire-detection facilities. It may cause mis-alarm for fire and induces abnormal operation of subway due to the strict regulation; the train shall be stopped on emergency circumstances. Therefore, in this paper, new scheme on surveiling breaking-out-of fire in the station is suggested with new IT technologies, Wireless Sensor Network(WSN) and CCTVs, which were integrated with an intelligent software. This intelligent system enables to surveil breaking-out-of fire in real time through sensor network technology and watch the emergency site on CCTV as well. Through this system, subway organizers could cope with the emergency circumstance rapidly as well as judge precisely whether fire breaks out or not.

1. 서 론

지하철은 하루에도 수십만명의 승객들이 이용하는 대중교통수단이며, 향후 1~2년 내에 용인, 부산에서 경량 전철의 운영이 시작되면 버스와 함께 도시철도는 명실상부 대표적인 대중교통수단으로 확실히 자리매김할 것으로 보인다. 그만큼, 도시철도의 이용편의와 함께 안전한 운영이 보장되어야 할 것이다. 과거 2003년 대구 지하철 화재사고 이후 몇 차례의 소규모 화재사고가 발생하는 등 도시철도에서 여전히 화재의 위험이 도사리고 있다. 또한, 대구지하철 화재사고를 계기로 더욱 강화된 화재탐지시스템 설치 및 비상대응체계가 수립되어 운영 중에 있다. 하지만, 도시철도 역사내 설치된 화재탐지설비의 오동작으로 인한 오경보 작동으로 열차 정지 등 비상상황에 돌입하게 되는 등 열차운영에 차질이 빚어지고 있는 등 부작용도 발생하고 있어 기존 화재감시시스템의 개선을 통하여 효율적인 도시철도운영이 가능하도록 방안 마련이 절실히 필요한 상황이다. 표 1에 국내 한 운영기관의 화재감지기 오동작 현황을 나타내었다.

이에, 본 논문에서는 현재 도시철도운영기관에서 운영 중인 화재감시시스템 현황과 문제점을 살펴보고, 최신의 IT기술을 접목하여 실시간으로 화재를 감시하고 CCTV를 활용하여 화재 오동작 유무뿐만 아니라 화재 발생 전과 등의 상황을 파악함으로써 신속한 화재 대처가 가능한 감시시스템을 제안하였다. 또한, 도시철도 운영기관 종사자와 화재 전문가의 의견을 수렴하여 지능형 화재감시시스템의 요구사항 정리분석하였다.

* 책임저자, 정회원, 한국철도기술연구원 도시철도표준화연구단 선임연구원

E-mail : jrshin@krri.re.kr

TEL : (031)460-5716 FAX : (031)460-5749

** (주)휴텍21, 무선연구소 개발3팀

*** (주)하이트론시스템즈, 지능형시스템팀, 팀장

**** (주)비즈로시스, 연구소, 소장

도표 1. 화재경보기 오동작 현황

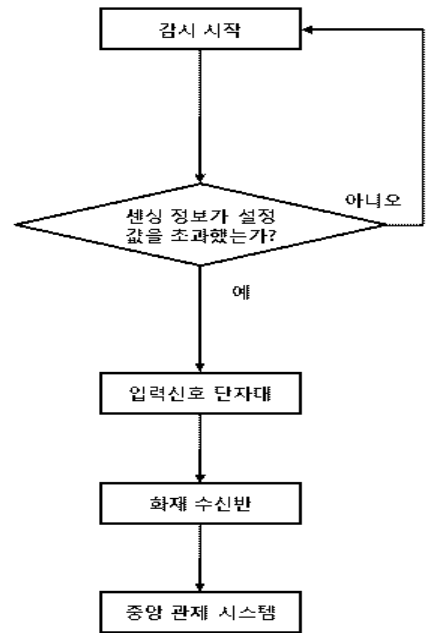
년 도	2004년	2005년	2006년	2007년	2008년
건 수	271	301	263	240	190

2. 기존 화재 감시 시스템

2.1 기존 화재 감시 시스템

현재 도시철도 역사 내에 구축된 화재 감시 시스템은 각 운영기관별로 조금씩은 다르지만 대체로 열/연기를 감지해 접점으로 동작하는 열/연기 복합 센서를 이용해 화재 발생 유무만을 감시하고 있다. 이때 사용되는 열/연기 복합 센서는 각각이 고유한 ID를 갖지 않기 때문에 화재가 발생할 경우 센서만을 통해서만 화재 발생 장소를 알 수 없다. 때문에 발생 장소를 알기 위해 각 역사를 화재 감시 구역으로 세분화 하고 각 구역에 설치된 센서들을 통합하여 입력신호 단자대에 구역 단위로 구분하여 입력시킴으로서 화재가 발생한 구역을 인식하도록 되어 있다.

현재의 화재 감시시스템으로 화재가 감시되는 절차를 살펴보면 그림 1과 같다. 화재가 발생 할 경우 인근의 열/연기 복합 센서가 주변의 열 및 연기의 변화를 감지하고, 화재 발생 신호를 유선을 통해 각 역사의 입력신호 단자대로 전송한다. 또한, 역사 내에 미리 설정된 구역 단위로 화재 발생 정보를 수신하여 화재 수신반으로 전송하고, 화재 수신반에서 최종 화재 발생 신호를 수신하고 설정된 화재 감시 구역에 화재 정보를 발령하도록 되어 있다.



2.2 사용자 요구사항

2.1 절에서의 기존 화재 감시 시스템의 단점을 개선하고 보다 지능화된 화재 감시 시스템을 구축하고자 운영기관 및 학계 전문가를 대상, 자문을 통하여 사용자 요구사항을 조사하고 그 결과를 분석정리하였다.

현재 도시철도를 비롯한 대부분의 감시시스템이 무인화 개념으로 진행 중이므로, 감시 인력의 상주 여부와 관련없이 화재 발생을 감지하고 역무원과 상위 관제 시스템 및 사고 발생 지역 인근 승객에게도 전파가 가능해야 한다. 현재 감시인력으로 수행되는 도시철도내의 감시 업무를 센서 및 카메라와 지능형 판단이 가능한 중앙관제시스템을 이용해 역무원이 부재중일 경우에도 지능적으로 상황을 인지하고 부재중인 역무원 및 상위 관제시스템, 사고 발생 인근 승객들에게 사고 내용 및 대처 내용을 전파할 수 있어야 한다. 그리고, 화재의 특성상 화재 발생 후 경과시간에 따라 기하급수적으로 피해가 증가하기 때문에 인적, 물적 피해를 최소화하도록 화재의 발생을 최대한 조기에 감지해야 한다. 특히, 대피가 여의치 않은 터널 및 지하역사 내의 화재 발생 시 이를 조기에 감지하고 진압되어야 한다. 이를 위해서 화재 발생 위치의 정확한 파악이 매우 중요하다. 한편, 비화재 경고 발생 시 감시 인력의 낭비 및 타 사고 발생 대응 시간의 지연, 열차 정차를 통한 운영 손실을 초래하기 때문에 최대한 비화재 경고 발생을 낮추어야 한다. 지하층, 무창층 등 환기가 잘되지 아니하거나 실내 용적이 작은 장소 또는 감지기의 부착면과 실내 바닥사이의 거리가 가까운 장소 등에서는 센서가 오동작 할 우려가 높으므로, 센서노드의 설치 위치, 환경에 따라 센서의 민감도를 조절하는 등의 방안을 강구해야 한다. 화재 발생 시 역사 및 중앙관제시스템에서의 조치도 중요하지만, 이용 승객에게의 화재 발생 및 대피 경로, 대처 요령 등을 전파해줄 필요성이 있다. 또한, 화재 발생시 일시적인 요소인지 지속적인 요소인지에 따라 위험 정도와 대처 방안이 달라지므로 일시적인 요소와 지속적인 요소를 모두 감지 할 수 있어야 하며 그 구분이 가능하여야 한다. 그리고, 제일 중요 사항 중

그림 2 화재감지 절차 현황

하나로, 도시철도운영기관내 사용자가 설치, 사용 및 유지보수 하는데 있어 불편한 점이 있다면 사용자 입장에서 사용 여부에 대해 비판적일 수밖에 없으므로 최대한 편의성을 제공해야 한다.

표 2에 상기 사용자 요구사항을 정리하여 제안하고자 하는 지능형화재감시시스템의 요구사항을 나타내었다.

3. 지능형 화재 감시 시스템 구축 방안

제안하고자 하는 지능형 화재 감시 시스템은 열/연기 복합 센서만으로 단순한 발생 유무의 감시만 가능했던 기존 시스템과는 달리, 더 다양한 종류의 센서와 영상 감시, 그리고 지능형 판단을 통해 능동적이며 지능적인 화재 감시를 위한 시스템으로서 그 구성도는 그림 2와 같다.

지능형 화재 감시 시스템의 특징은 열, 연기, 불꽃, 가스, 습도 등 다양한 감시원의 감시가 가능하며 이러한 다양한 센서 정보와 영상 정보를 종합적으로 분석하여 비화재 경보 및 오경보를 최소화할 수 있다. 또한, 단순한 영상 정보가 아닌 영상의 분석, 객체의 추적 등과 같은 지능화된 영상 처리 기법을 사용해 시스템의 성능을 더욱 향상시킬 수 있으며, 감시 센서 정보의 전달에 있어 근거리 무선 표준인 ZigBee 방식의 무선 전송 방식을 사용해 시스템의 구축, 사용 및 유지보수에 있어 편의성을 제공한다.

도표 2. 지능형화재감시시스템 요구사항

구분	사용자 요구사항
감지 및 전파	○현재 도시철도를 비롯한 대부분의 감시시스템이 무인화 개념으로 진행 중이므로, 감시 인력의 상주 여부와 관련없이 화재 발생을 감지하고 역무원과 상위 관계 시스템 및 화재 발생 지역 인근 승객에게도 전파가 가능해야 한다.
신속성	○대피가 여의치 않은 터널 및 역사 내의 화재 발생시 화재의 특성상 발생 후 경과시간에 따라 기하급수적으로 피해가 증가하기 때문에 인적, 물적 피해를 최소화하기 위해서는 화재의 발생을 최대한 조기에 감지해야 한다.
정확성	○비화재 경보 발생 시 감시 인력의 낭비 및 타 사고 발생 대응 시간의 지연을 초래하기 때문에 최대한 비화재 경보 발생을 최소화해야 한다. ○화재는 대형 피해를 초래할 수 있기 때문에 조기 진압이 중요하므로 화재 발생 위치를 정확히 파악하여야 한다.
대응조치	○화재 발생 시 역사 및 중앙관계시스템에서의 신속한 조치가 이루어져야 할 뿐만 아니라, 이용 승객에게 화재 발생 및 대피 경로, 대피 요령 등을 전파해 줄 수 있어야 한다.
감지 기능	○화재 발생 시 일시적인 요소인지 지속적인 요소인지에 따라 위험 정도와 대처 방안이 달라지므로 일시적인 요소와 지속적인 요소를 모두 감지 할 수 있어야 하며 그 구분이 가능하여야 한다.
사용자 편리성	○화재감시시스템은 실제 운영하는 사용자가 설치, 사용, 유지보수하기에 편리해야 한다.

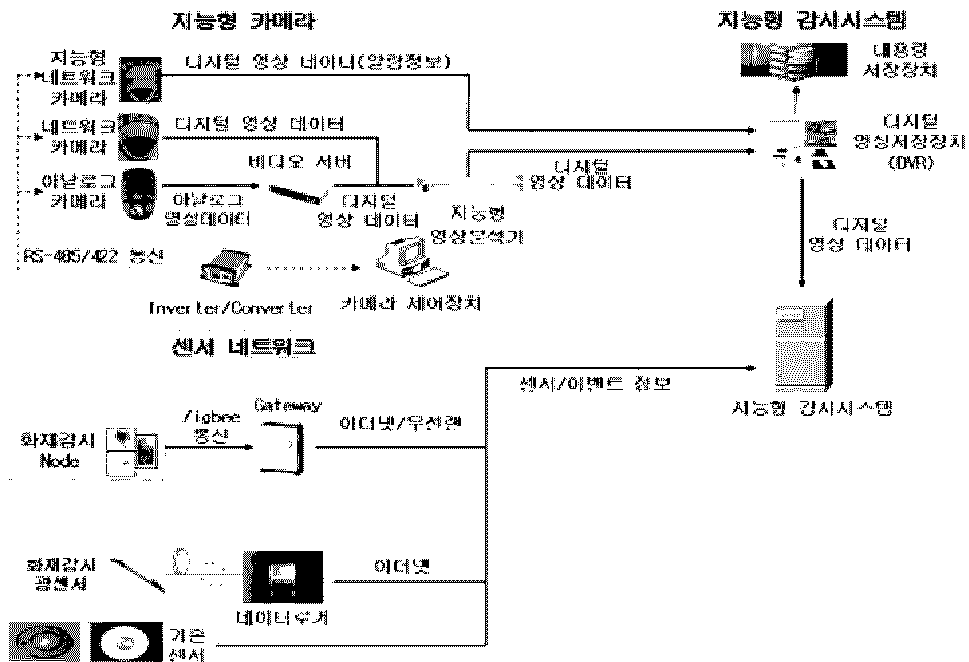


그림 3 지능형 화재 감시 시스템 통합 구성도

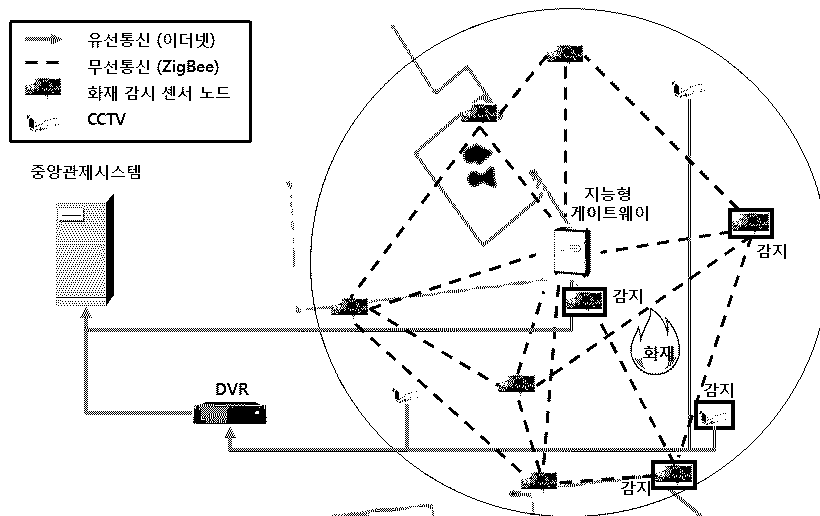


그림 4 지능형 화재 감시 개념도

3.1 지능형 화재 감시 시스템 구성

지능형 화재 감시 시스템의 개념도를 그림3에 나타냈으며, 열, 연기, 불꽃, 가스 (CO), 습도, 기압 등 다양한 감시원을 감지하여 무선으로 전송하는 센서노드 파트, 센서노드로부터 센싱 정보를 수신 받아 1차 지능형 판단을 하고 해당 정보를 중앙관제시스템(CMS)으로 전송하는 게이트웨이 파트, 촬영된 영상 정보를 분석하여 인식 및 추적 등의 분석을 수행하는 지능형카메라 파트, CCTV에서 전송된 영상 정보를 Digital로 저장하고 검색하는 기능을 수행하는 디지털영상저장장치(DVR) 파트 그리고, 게이트웨이 및 DVR에서 센서 및 영상 정보를 수신 받아 종합적인 지능형 판단 후 적절한 대처를 수행하는 중앙관제시스템(CMS) 파트로 구성된다.

3.1.1 센서노드

센서노드는 주변의 정보를 수집하여 이를 전송을 위한 신호로 변환한 후 게이트웨이로 전송하는 역할을 한다. 센서노드는 그림 4와 같이 크게 MCU, 센서, 전원부(배터리), 무선 전송부로 구성되며, 다양한 종류의 센서와 인터페이스가 가능한 센서 인터페이스와 게이트웨이와의 연동을 위한 Sink 노드 연계 방법을 고려한다.

① MCU

MCU는 센서로 정보를 수집하고 이를 전송을 위한 신호로 변환하고, 게이트웨이로 전송하는 일련의 절차를 제어하는 장치이다.

② 센서

센서는 직접적으로 주위의 정보를 수집하는 장치로 온도, 습도, 압력, 기울기, 가속도, 공기질 등 다양한 정보의 수집이 가능하다.

③ 전원부(배터리)

전원부는 센서노드내의 각 모듈에 전원을 공급하는 역할을 한다.

3.1.2 게이트웨이

그림 5는 게이트웨이의 하드웨어 구성도를 나타내고 있다. 센서네트워크에서 사용되는 ZigBee 신호를 그대로 중앙 관계 시스템까지 전송하는 것은 불가능하므로, 게이트웨이에서 주위의 모든 센서노드들에서 수집된 주변 정보를 병합해서 중앙 관계 시스템까지 전송이 가능한 이기종망의 신호로 변환을 한 후 송한다. 중앙관계시스템으로의 전송은 게이트웨이의 설치 위치와 환경에 따라 유선 Ethernet이 설치된 곳에서는 Ethernet 신호로 변환하여 전송하고, 유선 Ethernet의 설치가 여의치 않은 곳은 WLAN 신호로 변환하여 중앙 관계 시스템으로 전송한다.

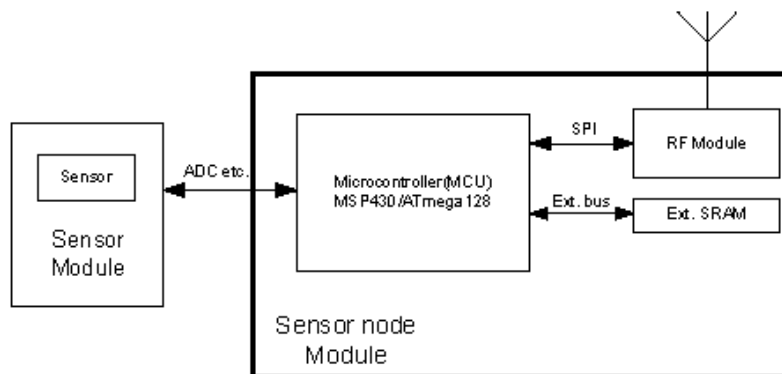


그림 4 센서노드의 하드웨어 구성

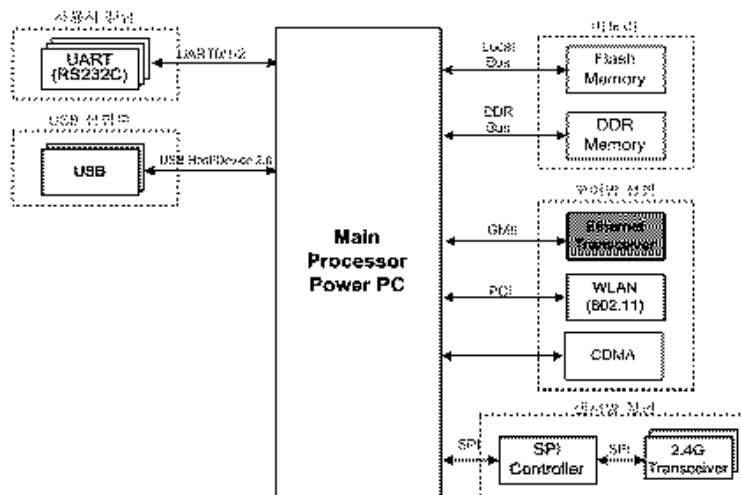


그림 6 게이트웨이 하드웨어 구성

3.1.3 지능형카메라

지능형 카메라는 기존의 카메라에 자체적으로 영상을 분석하여 움직이는 물체를 인식, 추적할 수 있는 카메라로 크게 카메라 모듈과 영상 분석 모듈로 구성된다. 그림 6은 지능형 종합 감시 시스템 중 지능형 카메라 모듈 구조 부분의 구성 도를 나타낸 것이다. 영상 데이터를 획득할 수 있는 장치는 네트워크 카메라, 지능형 네트워크 카메라, 아날로그 카메라 등이 있다.

기존에 많이 사용하던 아날로그 카메라는 입력 영상 그대로 아날로그 신호로 받아서 비디오 서버를 이용해 디지털 데이터로 변환하여 사용할 수 있다. 기존의 아날로그 카메라가 설치가 된 장소에서도 데이터 변환기를 이용해 지능형 영상 분석기와 연결하면 카메라 교체 없이 역사 내 지능형 종합 감시 시스템을 구축할 수 있다. 그리고 네트워크 카메라는 웹 카메라라고도 하며 인터넷 어디서나 영상 데이터를 실시간으로 확인할 수 있고 처리할 수 있다. 또한 사용하는 데 있어서 PC 환경 외에는 별도의 설치를 요구하지 않기 때문에 시스템의 구현이 간단한 장점을 가진다. 이러한 네트워크 카메라 기능에 object 검출 및 추적을 하는 알고리즘을 첨가하여 지능적인 시스템으로 구현한 카메라를 지능형 네트워크 카메라라고 한다. 지능형 카메라는 시스템 이용자가 원하는 대로 검출하고 추적할 대상을 설정할 수 있기 때문에 지능적인 범죄에 대한 예방과 혼잡한 역사 내 승객들의 안전을 위해 기존의 카메라보다 훨씬 효율적인 시스템이라고 할 수 있다. 이러한 기존의 카메라와 새로운 지능형 카메라 시스템을 이용하여 영상 데이터를 획득한 후 직접적으로 카메라 제어장치와 연결하여 실시간으로 데이터를 관리하거나 디지털 신호화 시켜 지능형 영상 분석기에서 데이터 분석을 할 수 있다. 실시간 데이터 검색 및 관리를 위해서는 RS-485/422 통신을 이용해 제어장치와의 연결이 필요하다. 그리고 지능형 영상 분석기를 거친 경우에는 결과 데이터를 영상 데이터 관리 시스템 부분으로 송신하여 관리 및 검색할 수 있다.

3.1.4 디지털영상저장장치

디지털영상저장장치는 수집된 영상을 디지털 신호로 저장하는 장치로 다음과 같은 기능이 요구된다.

① 영상 저장 기능

영상 기록 기능은 디지털 영상 저장 장치의 가장 기본적인 기능으로서, 복수개의 지능형 감시 카메라 또는 비디오 서버로부터 수신되는 영상을 실시간으로 저장하고, 이벤트 발생시 저장되는 영상은 의미있는 데이터를 추출 할 수 있는 수준의 고해상도 영상이어야 한다. 또한, 지능형 감시 카메라 또는 센서로부터 발생하는 메타 및 이벤트 정보는 관련된 영상 키프레임 정보와 함께 관리되어야 하며, 이벤트가

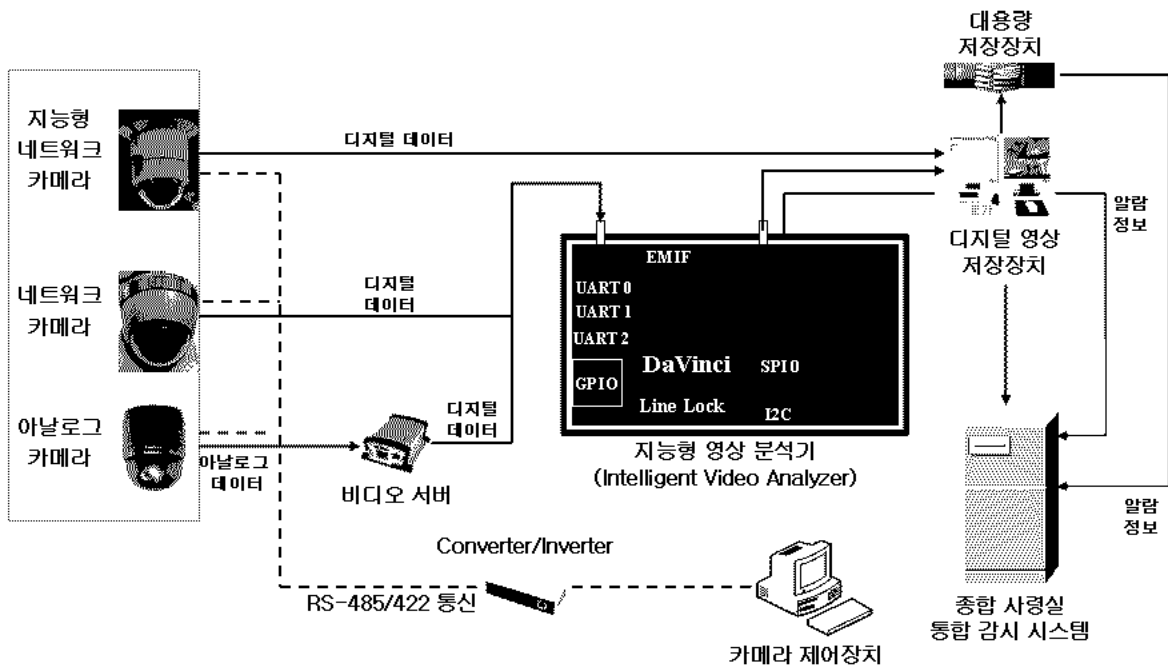


그림 7 지능형 카메라 구성도

발생한 영상은 즉시 접근 가능한 형태로 장기간 저장 할 수 있는 대용량 스토리지를 지원해야 한다. 영상 저장 중 발생할 수 있는 네트워크 및 하드웨어 장애에 대응하여 저장이 끊어진 시점부터 영상 저장을 계속 할 수 있는 지능형 저장 기능을 갖추어야 하고, 저장 스토리지는 DAS, NAS, SAN을 모두 지원하여야 한다.

② 고도화된 검색 및 탐색 기능

디지털 영상 저장 장치 관리 시스템은 지능형 감시 카메라 또는 비디어 서버로부터 수신되는 영상 뿐만 아니라 다음과 같은 메타정보 및 이벤트 정보를 데이터베이스를 이용하여 함께 저장한다. 디지털 영상 저장 장치 관리 시스템은 메타 정보 및 이벤트 정보를 바탕으로 센서의 종류, 설치 장소 시간별 검색 기능, 센서의 종류에 따른 기준치 이상의 값에 대한 선택적 검색 기능, 시간 단위별 영상 검색 기능, 카메라 별 영상 검색 기능 그리고, 카메라 설치 위치/역사 등 구역화에 의한 영상 검색 기능 등의 고도화된 검색 기능을 제공한다.

도표 3 영상 정보에 따른 기능 분류

구분	항목명	내용
메타정보	카메라 또는 비디어서버 ID	영상을 전송하는 지능형 감시 카메라 또는 비디어 서버의 고유 ID
	역사 코드	지능형 감시 카메라 또는 비디어서버가 설치된 역사의 고유 코드
	시간	비디오의 전송 시간 정보
이벤트 정보	사건/사고의 감시 및 감지 이벤트	지능형 감시 카메라 / 비디어서버 또는 설치된 각 센서들로부터 사건/사고의 감시 및 감지가 발생했을 때 해당 사건/사고의 종류, 감시 및 감지 코드, 기록되는 영상의 키프레임 정보 등

3.1.5 중앙관제시스템

중앙관제시스템은 도시철도 역사 내부에 설치된 센서노드 및 지능형 카메라로부터 수집된 센서 및 영상 정보를 종합적으로 분석, 판단 표출하는 소프트웨어로서 그림 7과 같이 구성되며, 종합 분석 및 판단을 위한 요구기능을 표 4에 나타내었다.

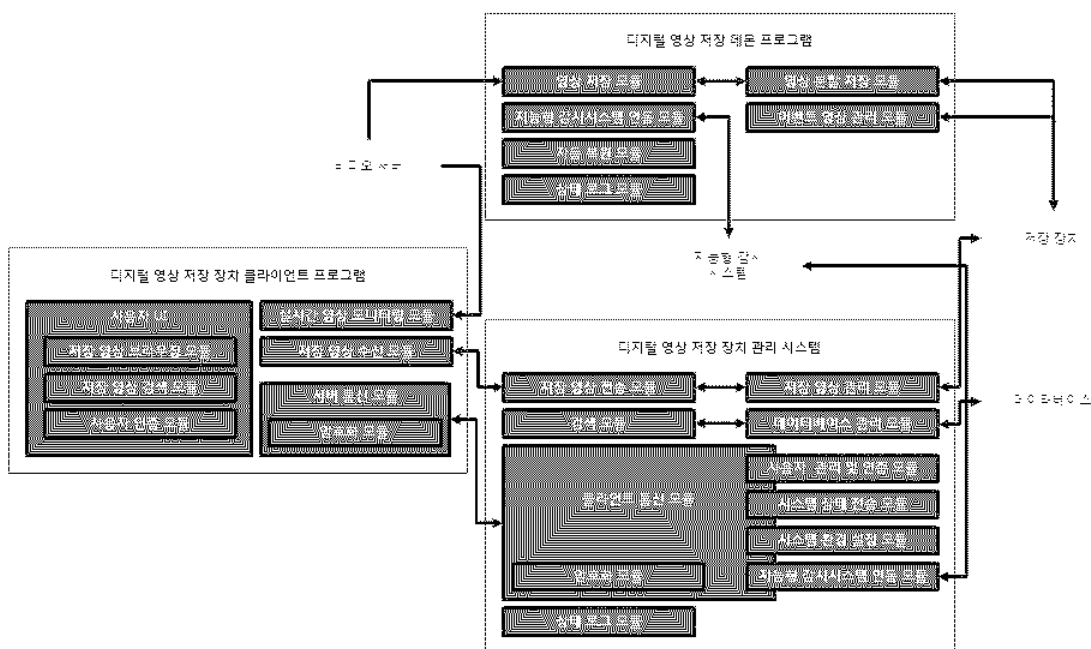


그림 8 중앙관제시스템 소프트웨어 구성

도표 4 중앙관제시스템 기능

구분	내용	
상황도	①역사의 상황도 표시 ②카메라, 센서 위치 표시	③이벤트 발생 위치 표시 ④상황도 축소, 확대, 이동 기능
상황도 제어 모듈	①상황도 제어 기능 버튼 ②카메라, 센서 표시	③주요 시설물 표시 ④확대, 축소, 이동, 맞춤, 아이콘 바
설치 카메라 목록	①설치된 카메라 목록 표시 ②그룹별 표시	③상태 정보 표시
설치 센서 목록	①설치된 센서 목록 표시 ②종류별 그룹화 표시	③상태 정보 표시
주요 메뉴바 표시	①이벤트 로그 조회 ②장비 관리, 사용자 관리 ③문서 송신	④디스플레이 제어 ⑤프로토콜 편집 ⑥기타
카메라 제어 및 관리 기능	①PTZ 제어 ②경보 수동 전파	③연관 기관 연계
데이터 표시	①이벤트 데이터 표시	②주요 장비 이상 표시

3.2 지능형 화재 감시 시나리오

지능형 화재 감시 시스템은 상기한 바와 같이 기존의 열/연기 복합센서를 이용해 점점으로 화재를 감시하던 것과 달리 다양한 센서와 영상 정보를 분석하여 이를 복합적으로 판단하므로, 그림 8과 같이 기존 시스템보다 복잡한 시나리오를 필요로 한다. 설정된 시간에 맞춰 주기적으로 주변 환경 정보(온도, 습도, 불꽃, 연기, 가스 등)를 수집하고, 수집된 정보를 지능형 게이트웨이로 전송하며 수집된 정보의 이상

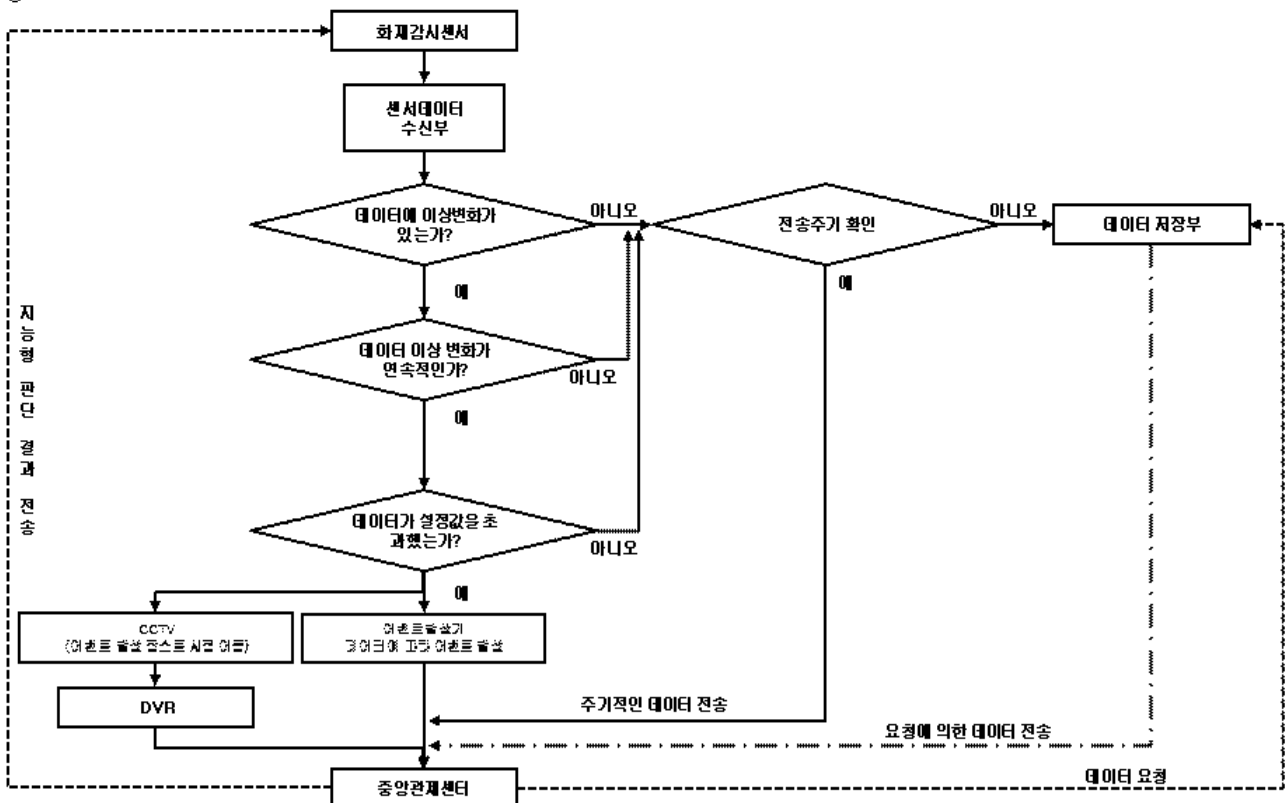


그림 9 지능형 화재 감시 시나리오

변화를 판단한다. 이상변화가 없을 시에는 전송 주기를 확인하고 전송 주기에는 중앙관계센터로 데이터를 전송하고, 전송 주기가 아닐 시에는 데이터 저장부에 데이터를 저장한다. 만약, 데이터의 이상 변화가 연속적일 경우 설정값 초과 여부를 판단하고 이를 초과 했을 시에는 설정값에 따른 이벤트 정보와 센싱 정보, 센서노드의 위치 정보를 중앙관계센터로 전송하고 초과하지 않았을 경우에는 다시 감시 체제로 복귀한다. 그리고, 이벤트 발생 시 인근 지역에 설치된 CCTV의 Pan / Tilting을 조정하여 이벤트 발생 장소의 영상을 중앙관계센터로 전송한다.

4. 결 론

본 논문에서는 현재 도시철도운영기관에서 운영 중인 화재감시시스템 현황과 문제점을 살펴보고, 운영기관 및 학계 전문가 자문을 통하여 지능형 화재감시시스템의 요구사항 정리·분석하였다. 이를 통하여 최신의 IT기술을 접목하여 실시간으로 화재를 감시하고 CCTV를 활용하여 화재 오동작 유무뿐만 아니라 화재발생 전파 등의 상황을 파악함으로써 신속한 화재 대처가 가능한 지능형감시시스템을 제안하였다. 또한, 지능형화재감시시스템을 구성하고 있는 센서노드, CCTV, 디지털영상저장장치, 지능형감시소프트웨어 등의 구성요소를 개략적으로 살펴보고 지능형화재감시 기본 시나리오안을 제시하였다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부 도시철도표준화2단계연구개발사업의 연구비지원(07도시철도표준화A01)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- 사카무라 켄, 유비쿼터스 컴퓨팅 혁명, 동방미디어, 2002
- 왕중배, “철도화재 안전관리체계 개선 및 장기전략 수립 방안에 관한 연구”
- 김내수, “USN 센서노드 기술 동향”, 2007
- 박해원, “유비쿼터스 센서 네트워크 시스템의 운용방법”, 2006
- Shin J. R., “The health monitoring system of subway station through the USN and the fiber optic sensor,” a treatise of the 8th China-Korea-Japan railway seminar, 2008
- 오세찬, 박성혁, 여민우, “도시철도시스템에서 화상처리기술 역사적용 방안,” 2005