

논문 2011-6-31

## 지능형 영상 분석 소프트웨어를 탑재한 종합 감시 시스템 현장 구축에 관한 사례 연구

### A Case Study on Integrated Surveillance System Field Implement with Intelligent Video Analytic Software

전지혜\*, 안태기\*\*, 박광영\*, 박구만\*\*\*

Ji-Hye Jeon, Tae-Ki Ahn, Kwang-Young Park, Goo-Man Park

**요약** 본 논문에서는 안전한 국내 도시철도 환경을 구축하고자 영상 분석 소프트웨어 및 센서로 구성된 지능형 종합 감시 시스템 구축 방안을 제안하였다. 본 논문에서는 감시 시스템 뿐만아니라 구성요소 중에서 비디오분석 기능이 있는 카메라의 설치 방안을 중심으로 제안하였다. 카메라의 설치 방안 중, 첫째는 영상 분석 소프트웨어를 탑재한 카메라를 설치하여 센서와 종합사령실을 연계하였고, 둘째는 기존의 일반 카메라에 영상 분석 박스를 추가 설치하여 센서와 종합사령실을 연계하는 방법을 제안하였다. 제안한 영상 분석 알고리즘은 자동으로 영상을 분석하여 위험 요소에 대해 신속한 대응할 수 있어서 관리자의 집중력 저하로 인한 위험 요소를 감소시킨다. 유동인구가 많은 도시철도 환경에서 본 시스템을 설치하고 및 시험 운용하였으며, 제안한 종합감시시스템 및 카메라의 우수한 성능뿐만 아니라 연계성능을 입증하였다.

**Abstract** The security issue in urban transit system has been widely considered as the common matters. The safe urban transit system is highly demanded because of the vast number of daily passengers, and providing safety is one of the most challenging projects. We introduced a test model for integrated security system for urban transit system and built it at a subway station to demonstrate its performance. This system consists of cameras, sensor network and central monitoring software. We described the smart camera functionality in more detail. The proposed smart camera includes the moving objects recognition module, video analytics, video encoder and server module that transmits video and audio information. We demonstrated the system's excellent performance.

**Key Words :** 종합감시시스템, 현장 구축, 감시시스템, 영상분석

## 1. 서 론

국내의 도시철도 산업은 각 지역에서 빠른 속도로 성장하고 있으며, 철도 산업에 적용하는 기술에 대한 연구도 활발하게 진행되고 있다. 해외에서도 국내 도시철도

산업의 기술력과 시설에 대해 깊은 관심을 가지고 있다. 기술이 발전하여 더 많은 사람들이 이용함에 따라 철도 산업의 안전성 역시 중요한 문제로 떠오르고 있으며 확보 방법에 대한 연구 결과가 다양하게 발표되고 있다. 도시철도는 인구 이동량이 많은 지역에 주로 존재하기 때문에 승객 안전에 대한 안전 시스템을 의무적으로 구축하고 있다. 하지만 이러한 안전 시스템은 여전히 관리자의 감시 능력에 의존하거나 수동적이기 때문에 근본적으로 해결하기 어려운 부분이 존재한다. 이에 본 논문에서

\*정회원, (주)하이트론시스템즈 종합연구소

\*\*정회원, 한국철도기술연구원 도시철도표준화연구단

\*\*\*중신회원, 서울과학기술대학교 전자IT미디어공학과(교신저자)

접수일자 2011.11.28, 수정완료 2011.12.12

게재확정일자 2011.12.16

는 사람의 능력을 대신할 수 있는 자동화되고 지능적인 통합 감시 시스템에 대한 구축 방안을 제안하고 또한 이 시스템과 연계되는 영상 분석 카메라를 제안하였다<sup>[1]</sup>.

제안한 종합 감시 시스템은 도시철도 역사 내 위험 요소를 자동적으로 감지할 수 있는 지능형 알고리즘이 탑재된 카메라와 온도, 연기 센서 네트워크의 입력을 바탕으로 종합사령실에 정보를 전송하는 감시시스템 구축을 제시한다. 또한 기존 설치된 감시시스템에 영상 분석 소프트웨어를 탑재한 장비를 연결하여 기존 카메라도 지능형 종합감시시스템의 구성요소가 되도록 제시하였다. 본 시스템은 관리자가 계속 모니터링 하고 있지 않아도 자동적으로 알려주기 때문에 즉각적인 사고 대응 및 처리가 가능한 특성을 가진다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 지능형 종합감시시스템과 기존 감시시스템과의 차이점을 논하고 3장에서는 지능형 종합감시시스템을 구축하는 방법에 대해 논한다. 4장에서는 이러한 방법으로 실제 도시철도 환경에서 진행한 테스트 결과를 보이고 끝으로 5장에서는 결론을 맺었다.

## II. 영상 감시 시스템

### 1. 도시철도에 설치된 일반적인 감시시스템

도시철도 역사에 설치된 최근의 시스템 예는 그림1과 같다. 여러 종류의 카메라를 감시유형 별로 구분하여 설치한 후 카메라를 통한 입력 영상을 멀티비전에 출력하여 사용자가 확인하고 대처할 수 있도록 되어있다. 화재 경보 센서를 이용하는 화재수신반과 시스템의 정상 동작을 감시하는 고장정보 수신반 영상을 백업하는 DVR과 카메라 영상을 분석하는 객체인식 운영서버로 구성되어 있다. 이러한 부분 시스템들의 동작을 통해 관리자는 위치 카메라 영상을 수동적으로 제어하여 경보 이벤트 발생 시 확인이 가능하다. 또한 PSD 모니터 및 멀티비전을 통해 관리자가 주요 카메라 입력 장소의 영상을 모니터링 하면서 객체인식 운영서버 결과를 확인할 수 있다.

하지만 이러한 보안 시스템은 한계를 나타내는데 그 중 대표적인 것이 시스템이 부분적으로 동작하는 것이다. 예를 들어 역사 내 카메라 사각지대에서 화재가 발생했다면 카메라 영상은 단순하게 멀티비전이나 PSD 모니터와 대응되고 연기 센서는 화재수신반과 대응되기 때문에

화재수신반을 통해 그 위치는 파악할 수 있으나 대부분이 고정형 카메라의 입력 영상으로 확인할 수 없어 신속한 대응이 이루어 질 수 없다.

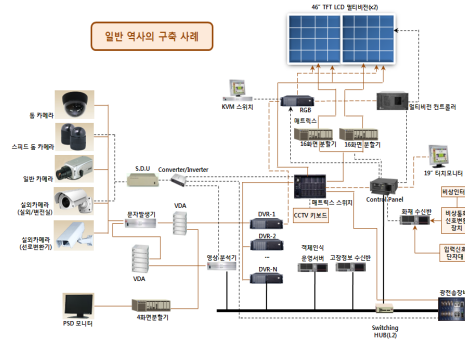


그림 1. 일반적으로 설치된 도시철도의 감시시스템  
Fig. 1. General surveillance system installed urban transit

두 번째는 관리자의 감시 능력에 의존하는 수동적인 시스템이라는 점이다. 사람은 집중시간이 짧기 때문에 관리자가 다수개의 모니터를 지속적으로 감시 할 수 없어서 사고 발생 시 상황 대처 능력이 떨어지거나 사후 판단에 대한 처리가 늦어질 수 있다. 도시 철도환경은 인명과 직결되는 교통수단이므로 대처 및 판단 능력이 저하 되게 되면 대량의 인명피해가 발생할 수 있다. 또한 승객 들도 경보 소리만을 듣고 사고에 대한 공포감에 의해 혼란이 가중되어 관리자의 안내가 없으면 침착하고 신속한 대피를 할 수 없게 된다.

세 번째는 위험 상황을 자동 인식하여 시나리오 별 대응이 어렵다는 점이다. 현재 시스템의 경우는 사령실에서 상황 별 영상 정보 및 센서 정보만을 수집하여 출력해주는 역할을 하고 있다. 이러한 시스템은 아주 기본적으로 설치될 수 있는 하나의 방법이지만 사후처리에 대한 자동적 인지 능력이 없기 때문에 종합적인 지능형 상황 판단에 한계가 있는 것이다.

다음 절에서는 이러한 역사의 현재 시스템의 한계를 대체할 수 있는 지능형 종합감시시스템에 대한 소개 및 구성에 대해 논한다.

### 2. 지능형 종합감시시스템의 구성<sup>[4]</sup>

본 논문에서 제안하는 지능형 종합감시시스템은 기존 시스템을 개선한 자동화되고 지능적으로 동작하며, 통합

적인 운영이 가능한 시스템을 의미한다. 이러한 시스템은 수동적인 기존의 감시시스템에서 발전하여 능동적인 동작을 수행하며 관리자의 역할을 분담하여 자동적인 판단과 입력된 대응 시나리오를 수행한다. 입력된 시나리오에 의해 카메라의 동작부터 센서 동작 그리고 종합사령실의 상황판단까지 통합적인 구성으로 이루어지므로 현재 설치된 시스템의 한계를 극복하고 관리자의 업무능률을 높일 수 있도록 한다.

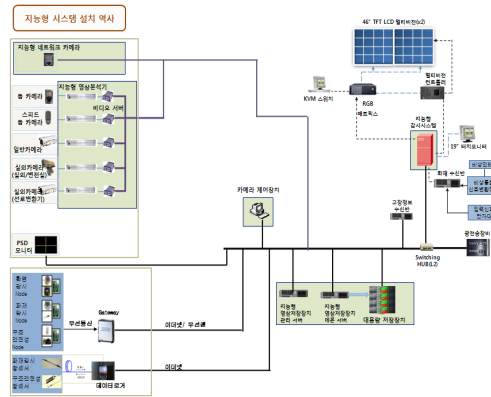


그림 2. 지능형 감시 시스템의 블록도  
Fig. 2. Intelligent surveillance system block diagram

그림 2는 본 논문에서 제안하고자 하는 지능형 종합감시시스템의 전체 블록도이다. 앞에서 소개한 것처럼 지능형 종합감시시스템을 구축하는 방법에는 두 가지가 있다. 하나는 지능형 알고리즘이 탑재된 네트워크 카메라를 설치하여 단일화된 장비만으로 자동적인 영상 분석이 가능한 종합 감시 시스템을 구축하는 방법과 또 하나는 기존 카메라를 활용하기 위한 것으로 카메라 출력단에 지능형 영상분석기와 비디오 서버를 설치하여 영상 분석 및 네트워크 송수신 기능을 구현하는 것이다. 여기에 센서와 종합사령실과의 인터페이스를 통해 더욱 효율적인 감시 시스템을 구축하였다. 그 중에서도 지능형 핵심 알고리즘은 사전에 설정된 규칙에 의해 자동으로 분석하고 시나리오와 비교를 하고 관리자에게 알려주는 역할을 하며 지능형 종합감시시스템의 중요한 부분이라고 할 수 있다. 지능형 네트워크 카메라의 영상 분석부에 탑재되어 있고, 이 부분만을 하드웨어로 구성하여 스탠드얼론 형태인 영상분석기를 설계하였다. 표 1은 카메라 및 영상 분석기에 실제로 탑재된 지능형 핵심 알고리즘 8가지 종류와 그 역할에 대해 상세히 설명하였다<sup>[1][5]</sup>.

표1. 지능형 비디오분석 기능들

Table 1. Intelligent video analytics functions

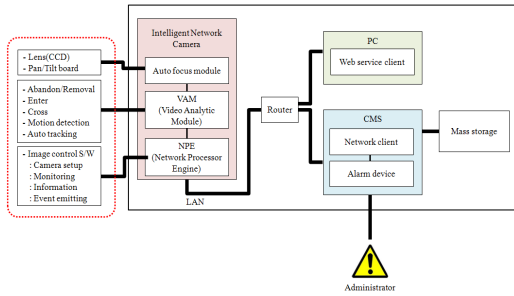
Algorithm	Role
Motion Detection	영상 내 움직이는 객체를 검출
Cross	가상 선을 그어 교차하는 객체를 감지
Enter	관심 영역을 설정하고 영역 내 들어오는 객체 감지
Abandon	관심 영역을 설정하고 영역 내 방치 물체 감지
Removal	관심 영역을 설정하고 영역 내 제거 물체 감지
Auto Tracking	영상 내 움직이는 대상 객체를 PTZ 카메라로 추적
DIS	흔들리는 영상을 안정화해 주는 알고리즘
Cross + Tracking	가상 선과 교차하는 객체 감지 후 PTZ 추적
Enter + Tracking	관심 영역 내 들어오는 객체 감지 후 PTZ 추적

이와 같이 지능형 종합감시시스템은 자동적인 영상 분석을 통해 유동인구가 많은 도시철도환경에서 관리자를 보조하여 효율성 있는 보안이 가능하게 한다. 또한 위험한 상황을 자동으로 인지할 수 있기 때문에 신속한 대응이 가능하고 사전에 설정된 시나리오에 의해 절차와 과정상에서 발생할 수 있는 상황 판단의 오류와 비능률을 줄일 수 있다. 기존시스템을 활용할 수도 있고 신규로 지능형 네트워크 카메라를 활용해 구성할 수 있기 때문에 설치 비용이 절감되고 센서 네트워크와 데이터를 병행함으로써 시스템의 신뢰성을 높일수 있다. 다음 장에서는 이러한 지능형 종합감시시스템을 실제로 도시철도 환경에 구축한 사례 및 시스템 설치 방법에 대해 언급한다.

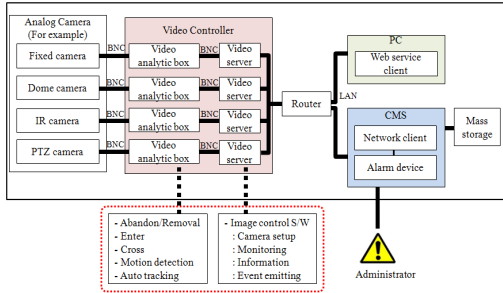
### III. 도시철도 환경에서의 지능형 종합감시 시스템의 구축

#### 1. 제안한 방법<sup>[6][7]</sup>

본 장에서는 앞 장에서 설명한 지능형 종합감시시스템에 대해 도시철도 환경에서 실제로 구축한 사례를 소개한다. 그림 3은 지능형 종합감시시스템을 구축하는 두 가지 방법인 지능형 네트워크 카메라를 활용하여 구축하는 경우와 기존 카메라에 영상분석기, 비디오서버를 연결하여 구축하는 경우에 대해 소개한 것이다.



(a) 지능형 네트워크 카메라를 이용한 지능형 종합감시시스템의 구축



(b) 일반 카메라에 영상 분석기와 비디오서버를 연동

그림 3. 도시철도에서 지능형종합감시시스템 방법  
Fig. 3. The methods of intelligent integrated surveillance system for urban transit

그림 3(a)는 지능형 네트워크 카메라를 이용한 지능형 종합감시시스템의 구축 방법을 나타낸 것이다. 지능형 네트워크 카메라는 크게 3가지 부로 나눌 수 있는데 AF 모듈 부, 자동 영상 분석이 가능한 알고리즘이 탑재된 VAM(video analytic module)부 그리고 네트워크 송수신을 가능하게 하는 NPE(network processor engine)부이다. 이렇게 구성된 지능형 네트워크 카메라를 통해 입력 영상을 받아 핵심알고리즘으로 이벤트에 대해 자동 감지를 하게 되면 네트워크 송수신을 통해 PC 및 종합사령실(CMS)로 전송하게 되어 설정된 시나리오대로 대응 및 처리를 한다. 그림3(b)는 일반 카메라에 영상 분석기와 비디오서버를 연동하여 지능형 종합감시시스템의 구축 방법을 나타낸 것이다. 일반 카메라에 지능형 핵심 알고리즘이 탑재된 영상분석기와 네트워크로 데이터 송수신을 가능하게 하는 비디오서버를 연결하여 지능형 네트워크 카메라와 동일한 기능을 활용할 수 있다. 그림 4는 이러한 지능형 종합감시시스템 구축 방법을 활용하여 실제로 도시철도 환경에 제안하여 구축한 전체 시스템의 구성도를 나타낸 것이다<sup>[2]</sup>.

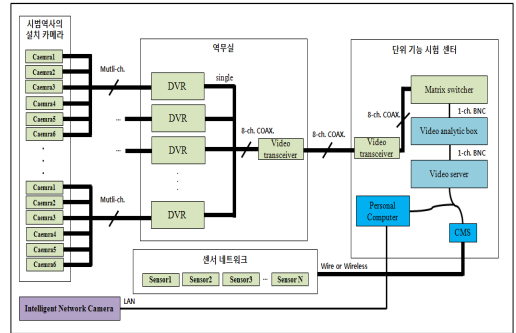


그림 4. 도시철도에서의 지능형종합감시 시스템 블록도  
Fig. 4. Block diagram of installed intelligent system for urban transit field

역 내에 설치되어 있는 카메라는 모두 역무실에서 관리되기 때문에 역무실 내 DVR로 들어오는 카메라들의 영상 중 단위 기능 시험을 위한 영상을 선택한 후 선택한 영상 채널을 LAN(RJ45)으로 변경 전송하게 된다. 그 이유는 영상을 시험 센터까지 가지고 오는데 거리가 멀기 때문이며, 노이즈의 최소화도 가능하기 때문이다. 이렇게 전송된 영상을 단위 기능 시험 센터 내에서 다시 비디오 송수신기를 이용해 아날로그(BNC) 영상으로 변환하게 된다. 변환한 영상을 비디오 제어기인 영상분석기와 비디오 서버로 연결하여 최종적으로 실험을 진행할 수 있도록 구축하였다. 그리고 개발한 지능형 감시 카메라의 단위 기능 시험도 함께 진행할 수 있도록 구축하였는데 카메라를 설치한 장소에서 LAN을 이용해 단위 기능 시험 센터의 PC로 연결이 되도록 구축하였다.

#### IV. 실험 및 결과

본 장에서는 3장에서 제안한 구축 사례를 바탕으로 실제 도시철도 환경에서 현장 테스트한 결과에 대해 분석하였다. 실험 방법은 지능형 네트워크 카메라를 활용한 방법과 일반 카메라에 영상분석기, 비디오서버를 연결하는 방법을 택하였다. 실험 장소는 서울메트로 협조하여 충무로역, 수서역, 차량기지 세 곳에서 진행하였으며 사전 설정한 시나리오를 바탕으로 시간과 장소에 관계 없이 정확하게 이벤트가 발생되는지 실험하였다. 표 2는 실험 시나리오를 설명한 것이고, 그림 5는 실험 시나리오에 대한 결과를 나타낸 것이다<sup>[3]</sup>.

표 2. 지능형 비디오 분석 알고리즘의 성능분석용 시나리오  
Table 2. Scenarios for intelligent video analytic algorithm performance test

Scenario	Algorithm	Role
진출입자 감지, 추적	Cross + Auto tracking	영상 내 진출입자를 감지 후 자동 추적 진행
무임승차 감지	Cross	개찰구의 무임 승차 행위자를 검출
진출입 승객 현황 감지	Cross	개찰구의 진출입 승객 현황을 파악
위험물 감지	Abandon	승강장 내 위험물 방치 여부를 검출
공공시설물 도난 감지	Removal	공공시설물 도난 여부를 검출
엘리베이터 진입 감지	Enter	엘리베이터 진입자를 감지
영상 흔들림 보정	DIS	환경적, 물리적인 영상의 떨림을 알고리즘으로 보정



그림 5. 도시철도역사에 설치 테스트  
Fig. 5. Results of urban transit field test

총 7가지의 시나리오 및 알고리즘을 테스트 하였는데 차량기지에서는 진출입자 감지, 추적알고리즘을 실험하였고 수서역 및 충무로역에서는 무임승차, 진출입자, 위험물 방치, 공공시설물도난, 그리고 엘리베이터에 대해 이벤트 동작 여부를 실험하였다. 그리고 차량기지 주변에서는 영상 흔들림을 보정하는 알고리즘을 실험을 진행하였는데 다양한 환경에서 시간대에 구애 받지 않고 정

상적인 동작을 하는 것을 확인할 수 있었다. 실험 결과를 정량적으로 도출하기 위해 각 알고리즘 별 한 장소를 택하여 5분 단위로 3회 실험을 진행하였으며 분당 1회의 이벤트 경우를 만들어 최종 15회의 이벤트 발생 시 정상 동작을 몇 회 하는지에 대해 측정하였다. 자동 추적 알고리즘의 경우 기준을 세우기 모호하므로 타 사 제품과의 성능 비교를 통해 진행하였다. 차량기지에서 야외 환경에서 맑은 날 실험하였으며 2개의 타사 제품과 제한한 시스템과 비교하였을 때 한 가지 객체를 끝까지 추적하고 중간에 객체를 놓치는 비율이 적다는 것을 시각적 평가 방법으로 확인하였다. 영상 흔들림 보정 역시 카메라에 강제로 주파수를 입력하여 흔들림을 준 후 실험을 진행하였는데 타사 제품과 비교하였을 때 상하좌우에 대해 흔들림 보상이 제대로 이루어지는 것을 확인할 수 있었다. 표 3은 정량적인 실험 결과를 정리한 것이다. 본 논문에서의 실험은 알고리즘의 성능뿐만 아니라 새로운 지능형 네트워크 카메라를 활용한 것과 기존 설치된 일반카메라를 지능형으로 갱신하여 도시 철도 환경에서 지능적이고 종합적인 감시가 가능한 것을 보여준 사례로 큰 의미가 있다.

표 3. 알고리즘의 정량적 분석  
Table 3. Quantitative analysis of algorithm

그림	검사장치	총 이벤트	오류	성능 (%)	오류원인
그림 5(a)	Intelligent camera	총15회	본문에서 타사제품과 성능 비교로 표현		
그림 5(g)			-	100%	
그림 5(b)	General camera +		-	100%	
그림 5(c)			-	100%	
그림 5(d)	Video analytic box +		1	93%	오 판단
그림 5(e)			2	87%	객체의 가려짐
그림 5(f)	Video server		-	100%	

## V. 결론

본 논문에서는 도시철도 환경에서 지능형 종합감시 시스템을 구축하기 위해 지능형 네트워크 카메라를 이용한 방법과 일반 카메라에 영상분석기, 비디오서버를 연결하여 시스템을 구축하는 방법에 대한 제안 및 실제 실험 결과를 분석하였다. 실제 역사 및 차량기지에서 실험을 진행한 결과 도시철도 환경에서 지능형 알고리즘에 대한 성능의 신뢰성이 높고 추후 도시철도 전역에 설치하기

용이한 호환성이 높은 시스템임을 확인할 수 있었다. 향후 연구 계획으로는 시스템의 신뢰성 향상을 위하여 카메라 알고리즘에 대한 개선 및 센서 데이터와의 협업을 통한 보안이 제대로 이루어질 수 있는지 추가적인 실험을 진행할 예정이다.

## 참 고 문 헌

- [1] 장일식, 박종화, 김주선, 김형민, 박구만 “도시철도 지능형 카메라에 요구되는 성능 및 관련기술 연구”, 2008년 한국철도학회 추계학술대회 논문집, pp.1151-1156, 2008.11.
- [2] 안태기, 박구만, “도시철도 지능형 종합감시시스템의 효율적 구성 방안”, CCTV 저널 2009년 2월호.
- [3] 장일식, 정철준, 김형민, 안태기, 박구만, “도시철도 환경에 적합한 지능형 감시카메라 시나리오의 연구”, 한국철도학회 2009년 추계학술대회 논문집, pp.866-871, 2009년 5월.
- [4] 박현수, “도시철도 지능형 감시시스템 개발 본격화”, 경인일보 기획기사, 2010년 7월 5일.
- [5] 전지혜, 박종화, 정철준, 강인구, 안태기, 박구만, “실시간 지능형 감시시스템을 위한 방치, 제거된 객체 검출에 관한 연구”, 한국통신학회논문지, 제 35권 제1호, pp.24-32, 2010년 1월.
- [6] 장일식, 안태기, 조병목, 박구만, “도시철도 환경에서 지능형 감시 시스템 구축 사례”, 2011년 한국철도학회 추계학술대회 논문집, pp.1-7, 2011년 5월.
- [7] 전지혜, 안태기, 김형민, 박광영, 박구만, “지능형 도시철도 종합감시 시스템 구축을 위한 현장시험 및 분석”, 한국통신학회 하계학술대회, pp.1-2, 2011년 6월.

※ 본 연구는 국토해양부 도시철도표준화 2단계 연구개발사업의 연구비지원(07도시철도표준화A01)에 의해 수행되었습니다.

## 저자 소개

### 전 지 혜(정회원)



- 2007년 2월 수원대학교 전자공학과 학사
- 2009년 2월 수원대학교 전자공학과 석사
- 2008년 11월~현재 (주)하이트론씨 스템즈 연구원

<관심분야 : 영상처리, 신호처리, OCT>

### 안 태 기(정회원)



- 1993년 2월 경북대학교 전자공학과 학사
- 1996년 2월 경북대학교 전자공학과 석사
- 2008년 2월 성균관대학교 전자전기 컴퓨터공학과 박사수료
- 1996년 3월~현재 한국철도기술연구원 선임연구원

<관심분야 : 멀티미디어 통신, 영상분석, 인공지능>

### 박 광 영(정회원)



- 2000년 2월 서강대학교 경제대학원 석사
- 1996년 12월~현재 (주)하이트론씨 스템즈 정보통신사업본부 팀장

<관심분야 : 멀티미디어 통신, 영상인식, IT정책>

### 박 구 만(중신회원)



- 1991년 2월 연세대학교 전자공학과 박사
- 1991년 3월 ~ 1996년 9월 삼성전자 신호처리연구소 선임연구원
- 1996년 9월~1999년 7월 호남대학교 전자공학과 조교수
- 1999년 8월~현재 서울과학기술대학교 전자IT미디어공학과 교수

• 2006년 1월~2007년 8월 Georgia Institute of Technology Dept. of Electrical and Computer Engineering, Visiting Scholar

<관심분야 : 컴퓨터비전, 멀티미디어 통신>