

# Adaptive GMM을 활용한 BEMS용 조명제어 연구

고광석\*, 이주영\*, 강용식\*, 심동하\*\*, 김재문\*\*\*, 김은수\*\*\*\*, 이종성\*\*\*\*\*, 차재상\*◎

## A Study on the control of lights for BEMS using Adaptive GMM

Kwangseok Ko\*, Juyoung Lee\*, Yongsik Kang\*, Dongha Shim\*\*, Jaemoon Kim\*\*\*, Eunsoo Kim\*\*\*\*\*,  
Jongsung Lee\*\*\*\*\*, Jaesang Cha\*◎ *Regular Members*

### 요 약

전 세계적으로 빌딩 에너지 세이빙에 대한 관심이 증가하고 있으며, BEMS(Building Energy Management System)을 효율적으로 운용하기 위한 IT 기술에 대한 연구를 지속적으로 진행하고 있다. 최근 LED 조명기술의 발전으로 LED를 제어하여 에너지 절감효과를 극대화 할 수 있으며 BEMS에 이러한 LED 조명 제어기술들이 개발되고 있다. 본 논문에서는 건물에 설치되어 있는 IP 카메라와 Adaptive GMM(Gaussian Mixture Model)을 이용하여 BEMS용 LED 조명제어에 대한 시스템을 제안하였다. 설계한 구조를 기반으로 빌딩의 영상을 실시간으로 모니터링하고, 동적 객체를 영상추적하며, 다수의 객체를 클러스터링하고 인체 이동을 감지하여 LED 조명을 제어하는 기능을 제안하고, 관련 Software 개발을 통해 구현가능성을 입증하였다.

**Key Words** : Security Camera, BEMS, Monitoring, Surveillance, real-time status

### ABSTRACT

There has been increased interest for building energy-saving for worldwide. There is continuing research on IT technology for efficient management of BEMS. Recently, It be able to control of LED and to maximize energy savings to the development of LED lighting technology. We propose the security image processing system to improve efficiency and we implement the real-time status monitoring system to surveil the object in the building energy management system.

In this paper, we proposed the system of LED control using IP camera and Adaptive Gaussian Mixture Model for BEMS . We implement LED light control software on the based of the security camera image processing so the reliable controlling based on the security camera is possible efficiently.

## I. 서 론

최근 전 세계적으로 에너지에 대한 관심이 증가하고 있으며, 에너지의 효과적인 운용과 에너지 세이빙을 위한 IT 기술개발의 필요성이 대두되고 있는 한편, 국가의 경제규모가 커짐에 따라 건물이 대형화되고 산업의 발전에 따라 대형 복합건물이 다수 출현하고 있으며 이와 같은 대형 건물과 시설의 운영에 소모되는 에너지가 전체 에너지 소비량에 많은 비중을 차지하고 있다.

이에 따라 선진국을 비롯한 해외에서는 건물분야에 소비되는 에너지를 절감시키고, 효율적으로 운용하기 위한 IT 기술

을 연구하고 있으며 국내에서도 에너지 절감을 위한 기술에 대한 중요성을 인지하여 지속적인 연구를 진행 중에 있다[1].

BEMS는 건물에서 소모되는 공조설비, 조명설비, 소방방재설비 등을 최적으로 제어함으로써 에너지 소비를 분석하고, 효과적으로 제어함으로써 에너지 절감 효과를 극대화 시킬 수 있는 기술이다. 최근 LED 조명기술의 발전으로 LED 제어를 통한 다양한 기술들이 개발되고 있으며 많은 건물들에 LED 조명과 지능형 센서가 도입되고 있다[2][3].

본 논문에서는 LED 조명기술과 보안을 위해 설치되어 있는 IP 카메라를 사용하여 조명 제어를 통해 에너지를 효과적으로 세이빙 할 수 있는 시스템을 제안하고자 한다. 본 시스템

\* 본 연구의 일부는 경기도 기술개발사업 기업개발형과제 “BEMS의 LED조명용 재실감지센서 연계형 Wake-up type AC 직구동 드라이버 복합 모듈 개발” 과제(P20120064)의 지원에 의해 수행되었습니다.

\*서울과학기술대학교 전자IT미디어공학과 및 NID융합기술대학원 ◎ 교신저자 chajs@seoultech.ac.kr

\*\*서울과학기술대학교 MSDE프로그램

\*\*\*한국교통대학교 철도전기전자공학과

\*\*\*\*삼상이엔지, \*\*\*\*\*부천대학 전자과 부교수

접수일자 : 2012년 12월 1일, 수정완료일자 : 2012년 12월 7일, 최종 게재확정일자 : 2012년 12월 17일

템은 보안 목적으로 설치된 IP 카메라와 Adaptive GMM (Gaussian Mixture Model)을 이용하여 카메라 영상을 처리하는 영상처리부, 조명을 제어하는 조명제어부로 구성되어 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 Adaptive GMM을 이용한 배경모델링에 대해 살펴보고, 3장에서는 실내 조명 시스템의 특징 및 구성을 살펴본 후, 4장에서는 실험 환경 구축과 결과분석을 통해 5장에서 결론을 맺는다.

## II. Adaptive GMM을 이용한 배경모델링

본 논문에서 제안하는 시스템은 BEMS 환경에서 설치되어 있는 보안 카메라를 사용하여 영상의 정보를 분석하고, 동적 객체에 대한 감지를 위하여 Adaptive GMM을 사용하여 정교하게 모델링 하였다. 배경을 확률밀도함수로 가정하고, 영상의 Pixel 수만큼 여러 개의 Gaussian 확률 모델을 생성하여 영상에서 백그라운드 영상을 지속적으로 업데이트하여 기존 백그라운드 영상을 비교 분석하여 반복적인 움직임이나 그림자 등을 제외한 동적 객체를 감지할 수 있다[4]. 본 논문에서 사용하는 Adaptive GMM의 배경모델링 구조는 그림1과 같다.

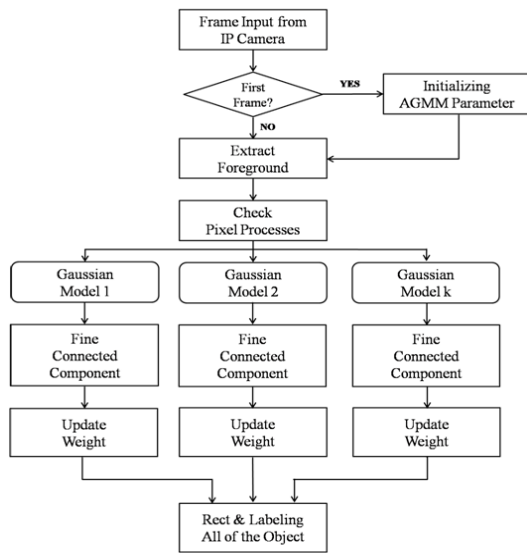


그림 1. Adaptive GMM을 이용한 배경모델링 구조

그림 1에서 알 수 있듯이, IP Camera로부터 첫 번째 Frame이 들어오면 Adaptive GMM 파라미터를 초기화 한 후, 이전의 Background 모델을 바탕으로 Foreground를 추출해낸다. 그리고 픽셀 프로세스들을 체크한 후 k개의 가우시안 모델에 결과값을 삽입한다. 각각의 가우시안 모델에서는 입력된 프레임을 바탕으로 Connected Component를 찾아내고 가중치를 업데이트 한 후, 마지막으로 가우시안 믹스처 모델로부터 추출된 객체에 대한 사각박스과 레이블링을 표

시한다.

GMM은 각 픽셀마다 K개의 가우시안 분포도에 대한 가중치, 평균, 분산 등으로 구성되는데 시간 t에서의 픽셀 Xt에 대한 확률은 다음 식 1과 같다[5].

$$P(X_t) = \sum_{i=1}^K \omega_{i,t} \eta(X_t, \mu_{i,t}, \Sigma_{i,t}) \quad (1)$$

여기서  $\mu_{i,t}$ 는 평균,  $\omega_{i,t}$ 는 가중치,  $\Sigma_{i,t}$ 는 분산이며 정규분포는

$$\eta(X_t, \mu, \Sigma) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{n}{2}} |\Sigma|^{\frac{1}{2}}} e^{-\frac{1}{2}(X_t - \mu)^T \Sigma^{-1} (X_t - \mu)} \quad (2)$$

이다. 현재 픽셀값이 k 분포들에 해당하지 않으면, 최소의 확률을 갖고 있는 분포가 현재 값으로 교체되고, 교체된 픽셀값은 평균이 되고 높은 수치의 분산으로 초기화되며 낮은 가중치를 가지게 된다. 이 방식은 새로운 백그라운드 부분이 들어와도 기존의 백그라운드 모델을 없애지 않기 때문에, 필요 시 이전의 백그라운드 모델을 빠르게 재통합 할 수 있다.

각각의 가우시안 모델로부터 추출된 객체와 사각박스 레이블링의 모습은 그림2, 3과 같다.



그림 2. Adaptive GMM을 이용한 움직이는 객체 추출

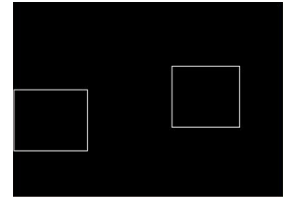


그림 3. 움직이는 객체에 대한 사각박스

본 시스템에서 인체를 발견 유무를 판단하기 위하여 그림 2와 같은 차영상을 획득 하였다. 2개의 인체가 이미지 센서의 측정 범위에 따라서 나란히 움직이는 과정에서 인체를 발견하고 추적하기 위해 전경을 추출한 후 움직이는 인체에 대한 컴포넌트를 추출하면 그림 3과 같은 사각패턴이 만들어진다.

## III. 실내 조명제어 시스템의 특징 및 구성

본 논문에서 제안한 실내 조명제어 시스템을 위해 IP camera에서 네트워크 망을 통해 Web Server로 실시간 영상 스트리밍과 영상처리 결과를 보내주고, Web Server에서는 영상처리 결과 데이터를 바탕으로 LED Control Protocol과 매칭 후 LED Control Data 프로세싱 결과를 LED Control

Server로 전송한다. LED Control Server에서는 하드웨어 컨트롤 RS232신호를 LED Control 드라이버로 전송하고, 최종적으로 LED Control 드라이버가 LED의 On/Off를 제어한다.

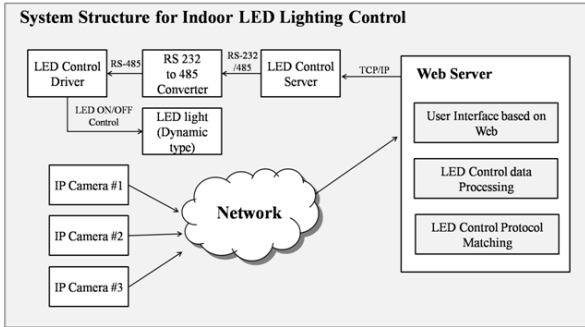


그림 4. LED Light 제어를 위한 구조

LED의 ON/OFF 제어를 위해서는 LED Control 드라이버로부터 명령 데이터가 전송되어야 하는데, 데이터 전송을 위한 RS232 프로토콜 설계내용은 표 1과 같다.

표 1. LED 제어신호 전송을 위한 프로토콜

No	Component	Length(byte)	Description
0	0x02	1	Strat Signal
1	Module ID	1	LED 제어모듈 ID
2	Data Length	1	Data bit 길이
3	Data bit	N	수행명령 또는 전송 데이터
4	Check_sum	1	
5	0x03	1	End Signal

0x02는 신호를 시작하는 Start bit이다. Start bit신호가 송신된 후에는 설정할 모듈 ID를 세팅하는 부분이 나온다. 본 논문에서는 시리얼 통신으로 데이터를 송수신 하여 ID 값을 세팅하게 된다. 만약 04번 감시모듈을 지정할 경우에는 0x04로 세팅하게 된다. 서버에서는 기본적으로 Data Signal을 16진수 비트로 전송하게 되고, 메인서버에서는 전송받은 데이터에 해당하는 LED 제어신호를 보낸다.

#### IV. 실험환경 구축과 결과 분석

실험환경을 위해 구축한 영상처리 시스템의 Software 구성은 표 2와 같다.

표 2. IP Camera 영상처리 시스템의 Software구성

OS	Windows XP
Development Tool	Microsoft Visual Studio 2008
Program Language	C, C++
OpenCV Version	OpenCV 2.1.0

본 논문에서 구축한 영상처리 시스템을 이용하여 동적 인체를 추적하는 원 영상을 살펴보면 그림 5와 같다.

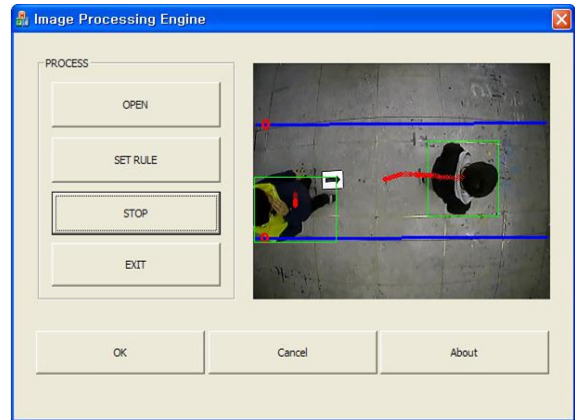


그림 5. 이동하는 객체의 추적화면

그림 6을 보면, 촬영된 이미지에서 움직이고 있는 인체에 대해 초록색 사각패턴이 그려진 모습을 확인할 수 있으며, 지속적으로 이동 경로가 표시되고 있다. 앞서 기술한 내용은 실험환경에서 인체의 이동이 정상적으로 진행되었다고 가정된 상황의 실험이며, 동일한 실험환경 하에서 정해진 인체의 이동 경로를 벗어나는 예외적인 이벤트로 처리되며 예외에 대한 별도의 사각패턴의 오버레이를 제공한다.

첫 번째 실험과 마찬가지로 해당영상에서도 전경이 추출된 후 움직이는 인체에 대한 컴포넌트를 추출하며, 인체의 행동 패턴에 대한 데이터를 파악하여 추적결과와 함께 영상 모니터링이 가능하다.

그림 6에서 인체의 조명 라인 이탈여부를 체크할 수 있는 푸른색 라인을 확인할 수 있다. 또한 푸른색의 좌측에는 인체가 감지되었을 경우 조명을 컨트롤 하는 0과 1의 비트 숫자를 표현 하고 있다. 그림 5에서는 아직 인체가 이벤트를 위한 분기점을 벗어나지 않은 상태이다.

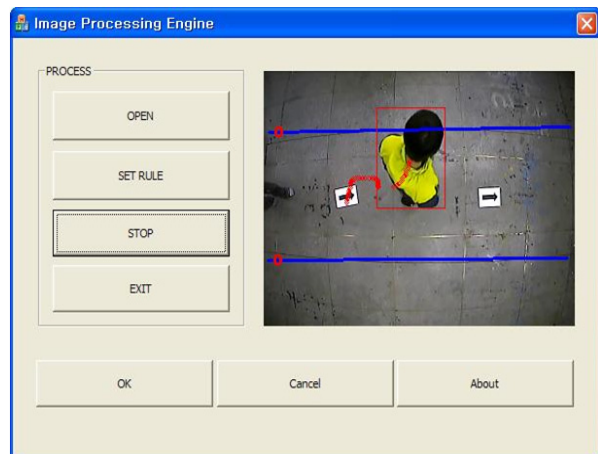


그림 6. 인체 이동에 대한 패턴인식 화면

따라서 가이드 라인의 숫자는 '0'으로 표시 되어 있지만, 그림 6에서 보면 알 수 있듯이 또 다른 가이드 라인으로 이동하는 패턴의 모습이 포착되어 있다. 라인을 이탈한 인체에 대한 영상은 그림 7과 같다.

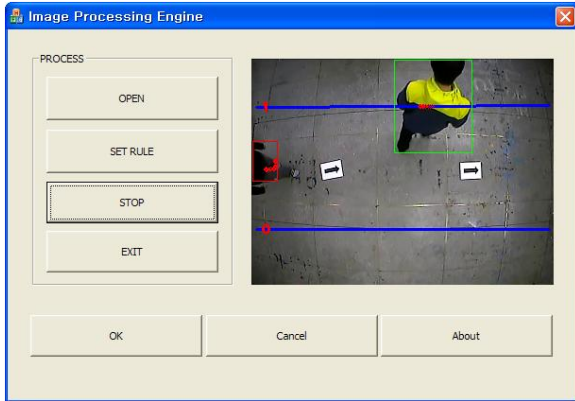


그림 7. 인체이동 발견 후의 패턴인식 화면

실험은 천장에 IP Camera와 LED조명을 설치한 후 진행하였다. 자체실험 할 때 이동하는 객체가 정해진 라인으로 들어왔을 시, LED조명이 ON되도록 구현하였다. IP Camera로부터 인체가 라인을 이탈했다는 12V 이상의 Low Voltage 입력이 들어올 경우, LED 조명원에 24V VDD 출력을 보내게 된다. IP Camera로부터 인체의 이동을 감지하기 전에는 그림 8의 (a)와 같이 천장의 LED조명이 OFF되어 있지만, 인체이동이 발견되었을 때는 그림 7의 (b)와 같이 LED 조명이 ON되는 것을 확인할 수 있다.

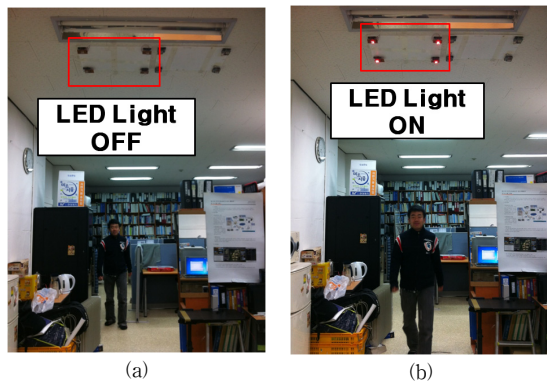


그림 8. 필드환경에서 IP camera의 영상처리에 의해 LED 조명이 제어되는 모습

## IV. 결론

본 논문에서는 Adaptive GMM을 활용한 BEMS용 조명 제어 시스템에 대한 구현내용을 다루고 있으며, 해당 시스템의 특징과 구성을 구조도를 통하여 명확하게 제시하였다. 또한 설계한 시스템 구조에 부합한 실질적인 개발 내용을 다루

었으며, 설계한 구조를 기반으로 빌딩의 영상을 실시간으로 모니터링하고, 동적 객체를 영상추적하며, 다수의 객체를 클러스터링하고 인체 이동을 감지하여 LED조명을 제어하는 기능을 제안하고, 관련 Software 개발을 통해 구현가능성을 입증하였다.

본 논문에서 개발한 내용을 빌딩의 실내 인체 감시이외에도 다양한 관련 보안솔루션으로써 적용할 시, 각종 사고로부터의 예방효과를 극대화시킬 수 있으며, 비정상적인 상황 발생 시 빠른 대응책을 마련하여 피해를 최소화 할 수 있을 것으로 사료된다.

## 참고 문헌

- [1] 신영기, "빌딩 에너지관리 시스템(BEMS) 보급과 활성화 방안", The Magazine for Energy Service Companies, ESCO Column, 2010.05
- [2] 서시오, 손중수, 김태섭, 류승완, 조충호, "지능형 빌딩 에너지 관리 시스템 연구 동향", 주간기술동향, 정보통신산업진흥원, 2011.03
- [3] 박완기, 정연패, 이일우, "고효율 건물 에너지관리 기술동향", 전자통신동향분석, 제26권 제6호, 2011.12
- [4] 정치운, 한중욱, "지능형 영상분석 이벤트 탐지 기술동향", 전자통신동향분석, 제27권 제4호, 2012.08
- [5] C. Stauffer, and W.E.L. Grimson, "Adaptive Background Mixture Models for Real-time Tracking.", In Proc. of International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Vol.2, pp.246-252, 1999

## 저자

### 고 광 석(Kwangseok Ko)



- 1989년 : 연세대학교 산업대학원 석사 졸업
- 2012년 : 서울과학기술대학교 NID융합기술대학원 방송통신융합프로그램 박사과정수료
- 2012년 8월 ~ 현재 : 서울과학기술대학교 산학협력중점 교수

<관심분야> : 모니터링시스템, 빌딩에너지관리, 가시광통신

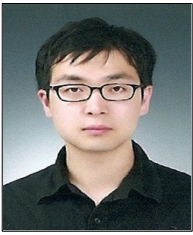
### 이 주 영(Juyoung Lee)



- 2011년 : 서경대학교 컴퓨터과학과(공학사)
- 2011년 2월 ~ 현재 : 서울과학기술대학교 NID융합대학원 석사과정

<관심분야> : 영상처리, 에너지관리시스템, 통합모니터링

**강 용 식(Yongsik Kang)**



- 2007년 2월 : 호서대학교 정보통신공학과 학사졸업
- 2011년 9월 ~ 현재 : 서울과학기술대학교 NID융합기술대학원 석사과정

<관심분야> : BEMS, 모니터링시스템, 조명IT융합기술

**차 재 상(Jaesang Cha)**



- 2000년 : 일본 東北대학교 전자공학과 공학박사
- 2002년 : ETRI 이동통신연구소 무선전송기술팀 선임연구원
- 2008년 : 미국 플로리다 대학교 방문교수
- 2009년 ~ 현재 : 서울과학기술대학교

IT미디어 공학과 교수

<관심분야> : BMES, 조명IT융합기술, 통신 시스템, 제어 및 모니터링 시스템

**심 동 하(DongHa Shim)**



- 1998년 ~ 2005년 : 삼성전자 종합기술원 근무
- 2011년 5월 : University of Florida, ECE Dept. (공학박사)
- 2011년 9월 ~ 현재 : 서울과학기술대학교 MSDE 프로그램 교수

<관심분야> : 고주파 집적 회로 및 시스템

**김 재 문(JaeMoon Kim)**



- 2000년 2월 : 동 대학원 졸업(공학).
- 2000년 ~ 2004년 : 현대모비스(주) 기술연구소 선임연구원.
- 2004년 3월 ~ 현재 : 한국교통대학교 철도전기전자과 교수

<관심분야> : 철도 전기 전자

**김 은 수(EunSoo Kim)**



- 1977년 11월 ~ 1998년 3월 : 한국전력공사 과장 대리
- 1998년 3월 ~ 현재 : 삼성이엔지(주) 대표이사
- 2010년 3월 ~ 현재 : 변전전문회사협의회 회장

<관심분야> : 무인 변전 시설

**이 종 성(Jongsung Lee)**



- 1990년 2월 : 성균관대학교 전기공학과 학사졸업
- 1996년 2월 : 성균관대학교 전기공학과 석사졸업
- 2008년 2월 : 성균관대학교 전기공학과 박사졸업

· 2001년 3월 ~ 현재 : 부천대학 전자과 부교수

<관심분야> : 무선통신, 로봇제어