

지능형 감시 시스템을 위한 객체 추적 및 PTZ 카메라 제어

이영식*, 김태우**, 남기환***, 박호식****, 배철수*****

Object Tracking & PTZ camera Control for Intelligent Surveillance System

Young-Sik Lee*, Tae-Woo Kim**, Kee-Hwan Nam***, Ho-Sik Park****, Cheol-Soo Bae*****

요 약

본 논문에서는 지능형 감시 시스템을 위한 객체 추적 방법과 PTZ 카메라 제어에 대하여 제안하고 있다. 제안된 알고리즘의 우수성을 입증하고자 검지 영역내 차량의 진입 및 추적 실험을 하였고, 차량이 검지영역 내에서 정차시 카메라의 PTZ 를 제어하여 차량의 번호판 영상을 취득하도록 하였다. 실험에 참여한 차량은 움직이는 차량의 경우 97.4%, 정차해 있는 차량의 경우 91%의 추적율을 나타내었다. 그리고 정차해 있는 차량에 대해 번호판 위치로 정확한 PTZ 제어가 된 경우는 65대로 84.6% 이었다. 실험 결과 제안된 알고리즘이 지능형 영상 감시 시스템에서 효율적으로 사용되어 질 수 있음을 입증하였다.

ABSTRACT

Smart surveillance, is the use of automatic video analysis technologies in video surveillance applications. We present a robust object tracking method using pan-tilt-zoom camera for intelligent surveillance System, As the result of the experiment using 78 vehicle, the success rate of the tracking for moving object & non-moving object werw 97.4% and 91%. and 84.6%. the success rate o PTZ control for license plate image.

Keywords : Object Tracking, Intelligent Surveillance System, PTZ camera, CAMshift

1. 서 론

지난 9·11 테러 이후, 세계 각국의 공공 안전 및 위협상황에 대한 인식이 높아 졌다. 이에 영상감시 기술을 활용한 보안 사례가 지속적으로 증가하고 있다. 그러나 기존의 영상감시 시스템은 몇 가지 문제점을 가지고 있다. 첫 번째 문제는 일부분을 감시하는 고정된 영상감시는 고정된 방향과 정해진 공간밖에 감시할 수 없으며 사건의 발생 유무에 관계없이 영상을 녹화한다. 두 번째 문제는 사람이 항상 감시를 해야 한다

는 것이다. 그러나 시간이 지남에 따라 사람의 감시 능력은 현저하게 감소한다[6, 12]. 그리고 세 번째 문제는 범죄예방 효과가 적다는 것이다. 현장에서 사건을 미연에 방지하고 사건이 일어나는 순간 그것을 감지하고 경고 방송 및 범인 검거에 나서야 하는데 범인이 카메라를 인지하지 못하면 범죄예방 효과가 적으며 피해자가 신고한 후 범인검거에 필요한 자료로 사용되는 경우가 대부분이다. 그러므로 영상감시는 기존 CCTV의 움직임 감시에서부터 오늘날 복잡하고 정교한 지능형 감시의 형태로 변화하고 있다.

* 경동대학교 경찰경호학부(kduyoung@hanmail.net)
** 한국폴리텍3대학 자동차과(kimtw@kopo.ac.kr)
*** 목원대학교 컴퓨터공학부 겸임교수(keelight@empal.com)
**** 오산대학교 디지털전자과 교수(drhspark@naver.com)
***** 관동대학교 정보통신공학과교수(baecs@kwandong.ac.kr)

본 논문에서는 건설한 객체 추적과 이에 따른 Pan/ Tilt/Zoom(이하 PTZ) 카메라 제어 알고리즘을 제안하고 이를 이용하여 지능형 영상감시 시스템을 구축하였다.

제안된 알고리즘의 우수성을 입증하고자 그림 1(a)와 같이 도로의 일정 영역을 감시하다가 그림 1(b)와 같이 차량이 검지 영역으로 진입하게 되면 차량을 검지 및 추적하도록 하였다. 그리고 일정 영역 안에서 차량이 정차하게 되면 차량의 번호판 식별이 가능하도록 카메라의 PTZ를 제어하여 차량을 확대 촬영하고 지속적으로 차량을 추적하도록 하였다.

그 결과 제안된 알고리즘이 지능형 영상 감시 시스템에서 효율적으로 사용되어 질 수 있음을 입증하였다.



그림 1. (a) 검지 화면 (b) 객체 추적
Fig. 1. (a) View of Detection (b) Object Tracking

II. 시스템 구성

제안된 시스템은 단일 PTZ 카메라를 이용하여 전방향 객체 추적을 하였다. 먼저 전방향의 고정된 화면에서 객체를 검지하고 추적한다. 추적 도중 차량이 주정차하게 되면 차량의 주정차 증거 영상 확보를 위하여 PTZ를 제어하여 차량의 번호판 영상을 획득하도록 하였다. 그림 2는 본 논문에서 제안하는 객체 추적 및 PTZ 제어 알고리즘에 대한 대략적인 개요도를 보여준다.



그림 2. 시스템의 개요도
Fig. 2. System Overview

III. 객체 추적 알고리즘

3.1 CAM shift 알고리즘

3.1.1 추적 모델

객체의 특징 확률 분포를 표현한 m 과 회색조의 영상을 끌어낸 1차원 히스토그램을 사용하였다. 히스토그램을 계산하기 전에, 객체의 중심에서 먼 위치일수록 가중을 작게 할당하는 볼록하고 단조 감소하는 커널 프로파일 k 를 선택하였다. $\{x_i^*\}_{i=1..n_h}$ 를 이전 프레임에서 y 의 중심인 객체 표적의 화소 위치라 하면, 객체 표적에 대한 명암의 분포 u 는 다음으로 구할 수 있다.

$$\hat{q}_u(y) = \frac{\sum_{i=1}^{n_h} k\left(\left\|\frac{y-x_i}{h}\right\|^2\right) \delta[b(x_i)-u]}{\sum_{i=1}^{n_h} k\left(\left\|\frac{y-x_i}{h}\right\|^2\right)} \quad (1)$$

여기서, $b(x_i)$ 는 히스토그램의 지표이고, h 는 커널 프로파일의 반지름, δ 는 크로네커 델타 함수이다. 표적 후보 분포 p 는 유사한 형태로 구축할 수 있었다.

3.1.2 알고리즘

이전 프레임에서 객체 위치를 정한 후에, 이전 프레임에 발견된 객체를 근거로 하여 표적 모형 q 를 구성한다. Kalman 필터를 이용하여 현재 프레임에서 객체의 위치 \hat{y}_0 를 예측하고, 다음의 알고리즘을 이용하여 초기 위치를 \hat{y}_0 로 설정하고 평균 이동을 반복하여 현재 프레임에서 객체 후보와 가장 유사한 곳을 찾는다.

1. 현재 프레임에서 표적의 위치를 \hat{y}_0 를 설정하고 표적 후보 분포 $\{\hat{p}_u(\hat{y}_0)\}_{u=1..m}$ 를 계산하고 값을 구한다.

$$\rho[\hat{p}(\hat{y}_0), \hat{q}] = \sum_{u=1}^m \sqrt{\hat{p}_u(\hat{y}_0) \hat{q}_u} \quad (2)$$

여기서 m 은 분포 p 와 q 의 양자화 단계이다.

2. 다음에 의하여 가중치 $\{w_i\}_{i=1..m_h}$ 얻는다.

$$w_i = \sum_{u=1}^m \delta[b(x_i)-u] \sqrt{\frac{\hat{q}_u}{\hat{p}_u(\hat{y}_0)}} \quad (3)$$

여기서 δ 는 크로네커 델타 함수, $b(x_i)$ 는 히스토그램의 지표이다.

3. 평균 이동 함수를 이용하여 객체 표적의 새로운 위치를 얻는다.

$$\hat{y}_1 = \frac{\sum_{i=1}^{n_h} X_i w_i g\left(\left\|\frac{\hat{y}_0 - x_i}{h}\right\|^2\right)}{\sum_{i=1}^{n_h} w_i g\left(\left\|\frac{\hat{y}_0 - x_i}{h}\right\|^2\right)} \quad (4)$$

여기서, h 는 커널 프로파일의 반지름이고, $\{\hat{p}_u(\hat{y}_1)\}_{u=1..m}$ 를 갱신하고, 값을 구한다.

$$\rho[\hat{p}(\hat{y}_1, \hat{q})] = \sum_{u=1}^m \sqrt{\hat{p}_u(\hat{y}_1) \hat{q}_u} \quad (5)$$

4. $\rho[\hat{p}(\hat{y}_1, \hat{q})] < \rho[\hat{p}(\hat{y}_0, \hat{q})]$ 인 경우 $\hat{y}_1 \leftarrow 0.5(\hat{y}_0 + \hat{y}_1)$ 를 실행한다.
5. 만약 $\|\hat{y}_1 - \hat{y}_0\| < \varepsilon$ 이면 중지하고 다른 경우엔, $\hat{y}_0 \leftarrow \hat{y}_1$ 로 설정하여 단계 1로 돌아간다.

현재 프레임에서 새로운 객체의 위치는 이전 객체 위치 근처를 전부 검색하는 상관관계를 이용한 방법에 비해 적은 반복 횟수로 찾을 수 있었다.

IV. PTZ 제어 알고리즘

PTZ 카메라로부터 감지영상을 입력 받아 영상을 분석하여 다수의 객체를 감지 및 추적하는 역할을 한다. 그리고 감지된 객체의 위치를 받아 해당위치로 카메라의 PTZ를 제어한다.

감지 화면에서 객체가 감지되면 색상 도메인 특성에 따라 그림자를 제거하고 객체 위치를 추정한다.

추정된 객체 영역의 좌표와 화면의 중심점과의 차이를 구한다.

$$\begin{aligned} d_x &= x_1 - center_x \\ d_y &= y_1 - center_y \end{aligned} \quad (6)$$

$\therefore x_1, y_1$: 관심영역의 좌표,
 $center_x, center_y$: 중심점의 좌표

그리고 현재 카메라의 줌 값을 읽어 들여 초점거리(Focal Length)를 확인한다. CCD 렌즈의 크기와 초점거리를 이용하여 상하, 좌우에 대한 화각을 계산한다.

$$\begin{aligned} FOV_{width} &= \text{atan}((\text{CCD}_{width}/2)/\text{FocalLength}) * 2 \\ FOV_{height} &= \text{atan}((\text{CCD}_{height}/2)/\text{FocalLength}) * 2 \end{aligned} \quad (7)$$

- $\therefore \text{CCD}_{width}$: 렌즈의 CCD너비
- CCD_{height} : 렌즈의 CCD너비
- FOV_{width} : 좌우 화각
- FOV_{height} : 상하 화각
- FocalLength : 초점거리

현재 화각에 대해 d_x, d_y 에 대한 각도를 계산하여 카메라의 Pan Tilt를 제어한다.

V. 실험 결과 및 고찰

본 논문에서 실험을 위하여 그림 3과 하드웨어를 구성하고 일련의 실험을 진행하였다.

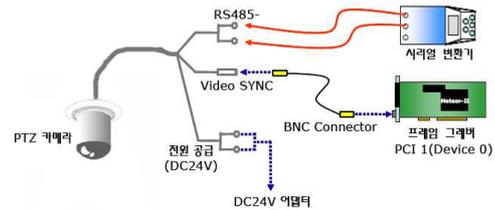


그림 3. 하드웨어 구성
 Fig. 3. Hardware Configuration

설치된 하드웨어는 PTZ카메라와 시리얼변환기, 프레임그래버 및 각종 연결 케이블로 구성된다. 시리얼변환기는 PC와 PTZ카메라 사이의 시리얼 통신을 가능케하여 PC에서 PTZ제어가 가능하게 하며 프레임그래버는 영상 신호를 PC에서 처리 할 수 있도록 신호를 변환하여 준다.

제안된 알고리즘을 테스트하기 위하여 유진 시스템의 YSDP-522-35 카메라를 사용하였으며 프레임그래버는 HikVision사의 DS-4004HCI를 사용하여 해상도 352x240로 영상을 변환하였다.

실험은 오후 5시경에 총 1시간에 걸쳐 진행되

었고 그림 4에 객체 추적과 PT제어 대한 영상을 나타 내었다.

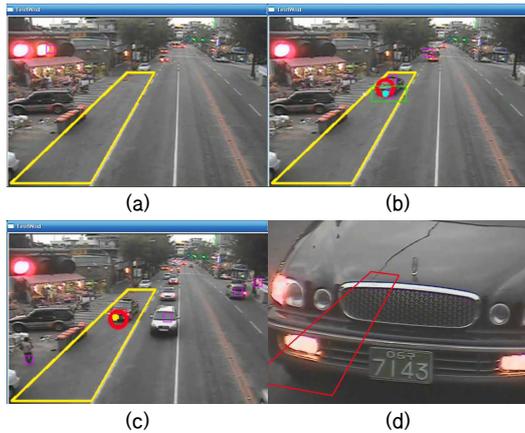


그림 4. 실험 결과
Fig. 4. Test Result

그림 4(a)는 검지화면을 나타내고 있고 그림 4(b)는 객체가 나타남에 따라 추적이 시작 되어진 영상이다. 그림 4(c)는 차량이 정차되었음을 나타내고 있고 그림 4(d)는 PTZ 제어에 따른 카메라 입력영상을 나타내었다.

그리고 표 1에 실험 결과를 나타내었다.

표 1. 실험 결과
Table 1. Test Result

실험 종류	진입 검출	움직이는 차량 추적	정차해 있는 차량 추적	정확한 PTZ 제어
성공	78	76	71	65
성공률	100%	97.4%	91.0%	84.6%

실험에 참여한 차량은 총 78대로 검지 영역내 진입 차량의 검출은 100% 다 검지하였고 진입한 차량이 움직이고 있을시에는 2대 추적 실패가 있었고, 정차해 있는 차량의 경우 71대의 추적을 성공하여 91%의 추적율을 나타내었다. 그리고 정차해 있는 차량에 대해 번호판 위치로 정확한 PTZ 제어가 된 경우는 65대로 84.6% 이었다.

추적에 실패한 경우는 대다수가 버스 등이 옆

에 정차 함에 따라 객체가 가려지는 경우 있으며 PTZ 제어시 거리 문제로 인하여 번호판 위치를 확대하지 못하는 경우가 일부 발생하였다.

향후에는 조명의 변화에 겹침 등에 건설하게 대응하도록 알고리즘을 확장 할 계획이다.

VI. 결론

본 논문에서는 건설한 객체 추적과 이에 따른 PTZ 카메라 제어 알고리즘을 제안하고 이를 이용하여 지능형 영상감시시스템을 구축하였다.

제안된 알고리즘의 우수성을 입증하고자 검지영역내 차량의 진입 및 추적 실험을 하였고, 차량이 검지영역내에서 정차시 카메라의 PTZ를 제어하여 차량의 번호판 영상을 취득하도록 하였다.

실험에 참여한 차량은 움직이는 차량의 경우 97.4%, 정차해 있는 차량의 경우 91%의 추적율을 나타내었다. 그리고 정차해 있는 차량에 대해 번호판 위치로 정확한 PTZ 제어가 된 경우는 65대로 84.6% 이었다. 실험 결과 제안된 알고리즘이 지능형 영상 감시 시스템에서 효율적으로 사용되어 질 수 있음을 입증하였다.

참고 문헌

- [01] Lisa Brown and Yingli Tian, Comparative Study of Coarse Head Pose Estimation, IEEE Workshop on Motion and Video Computing, Orlando FL, Dec. 5-6, 2002.
- [02] Anjum Ali, J. K. Aggarwal: Segmentation and Recognition of Continuous Human Activity. IEEE Workshop on Detection and Recognition of Events in Video 2001.
- [03] Collins, Lipton, Fujiyoshi, and Kanade, "Algorithms for cooperative multisensor surveillance," Proc. IEEE , Vol. 89, No. 10, Oct. 2001.
- [04] D. Comaniciu, V. Ramesh, P. Meer: Real-Time Tracking of Non-Rigid Objects using Mean Shift,, IEEE Conf. Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'00),

Hilton Head Island, South Carolina, Vol. 2, 142-149, 2000

[05] Trevor Darrell, David Demirdjian, Neal Checka, Pedro Felzenszwalb: Plan-View Trajectory Estimation with Dense Stereo Background Models. ICCV 2001: 628-635.

[06] Mary W. Green, The Appropriate and Effective Use of Security Technologies in U.S. Schools, A Guide for Schools and Law Enforcement Agencies, Sandia National Laboratories, September 1999, NCJ 178265

[07] A. Hampapur et al., Face Cataloger: Multi-Scale Imaging for Relating Identity to Location, IEEE International Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance, Miami, FL, July 03.

[08] Haritao.lu and Flickner, "Detection and Tracking of Shopping Groups in Stores," CVPR 2001.

[09] T. Horprasert, D. Harwood, and L. Davis. A Statistical Approach for Real-Time Robust Background Subtraction and Shadow Detection. Proceedings of IEEE Frame-Rate Workshop, Kerkyra, Greece, 1999.

[10] A. K. Jain, R. Bolle, and S. Pankanti (eds.), Biometrics: Personal Identification in Networked Society, Kluwer Academic, 1999. (ISBN 0792383451)

[11] G. Kogut, M. Trivedi, "A Wide Area Tracking System for Vision Sensor Networks," 9th World Congress on Intelligent Transport Systems, Chicalgo, Illinois, October, 2002.

[12] Miller et al, Crew fatigue and performance on US coast guard cutters, Oct 1998, US Dept of Transportation.

저자약력

이 영 식(Young-Sik Lee)



1986년 한국항공대학교 통신정보공학과 졸업(공학사)
 1996년 경희대학교 정보통신공학과 졸업(공학석사)
 2005년 관동대학교 대학원 전자통신공학과 졸업(공학박사)
 1985년~1992년 삼성전자 정보통신부분 통신종합연구소
 1992년~1994년 경북대학 전자계산과 전임강사
 1995년~2000년 동우대학 컴퓨터정보과 조교수, 교무과장
 2001년~2004년 경동대학교 컴퓨터미디어공학부 부교수 사무처장
 2005년~현재 경동대학교 경찰경호학부 교수, 교무처장

<관심분야> 영상 처리 및 압축, (사이버)교육 및 교육정책, 디지털정책, 사이버 범죄 및 예방

김 태 우(Tae-Woo Kim)



1997년 한국해양대학교 선박운항시스템공학 학사
 2006년 관동대학교 공업교육 석사
 2008년 관동대학교 대학원 전자 통신과 박사과정

저자약력

남 기 환(Kee-Hwan Nam)



1995년 관동대학교 전자통신
공학과 졸업 (공학사)

2000년 관동대학교 대학원
전자통신공학과 졸업
(공학석사)

2005년 관동대학교 대학원
전자통신공학과 졸업
(공학박사)

2001~현재 (주)삼형전자
기술연구소 선임연구원

박 호 식(Ho-Sik Park)



1994년 연세대학교 의용전자공학과
졸업(공학사)

2001년 관동대학교 대학원
전자통신공학과 졸업
(공학석사)

2005년 관동대학교 대학원
전자통신공학과 졸업
(공학박사)

현재 산대학교 디지털전자과
교수

<관심분야>영상처리, 신호처리시스템, 영상압축

배 철 수(Cheol-Soo Bae)



1979년 명지대학교 전자공학과
졸업(공학사)

1981년 명지대학교 대학원
전자공학과졸업 (공학석사)

1988년 명지대학교 대학원 전자공학과
졸업(공학박사)

1999년~2001년 관동대학교
공과대학 학장

2000년~2002년 2월 관동대학교
양양캠퍼스 창업보육센터 소장

2001년~2003년 관동대학교
평생교육원장

2003년~현재 대한전자공학회 이사

1981년~현재 관동대학교
전자정보통신공학부 교수

<관심분야>영상처리, 신호처리시스템, 영상압축