

영상 기반의 교통 감시 시스템에서 효과적인 번호판 검출에 관한 연구

박종대*, 강대성*

A Study to Effective License Plate Detection in Vision-based Traffic Surveillance System

Jong-Dae Park*, Dae-Seong Kang*

본 논문은 중소기업청에서 지원하는 2011년도 산학연협력 기업부설연구소 지원사업(No. 0004-5832-3)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

요 약

최근에 영상 교통 감시 시스템의 성장 때문에 번호판 검출에 관한 많은 알고리즘들이 제안되었다. 이에 본 논문은 동영상에서 고유배경(Eigen-background)와 공분산 기술자(covariance descriptor)를 사용하여 번호판 영역을 검출하는 시스템을 제안한다. 제안된 시스템은 동영상에서 배경 모델링 기법을 이용하여 이벤트 프레임 을 검출하고 그리고 나서 이벤트 프레임에서 움직이는 영역에 대해 공간 특성과 통계적 특성을 가진 지역 분 산 크기를 사용한 공분산 기술자를 사용하여 번호판 영역을 검출한다. 본 논문에서 도로 위 CCTV로부터의 입력 영상에서 번호판 영역 검출을 위한 실험들을 통해 제안된 시스템의 성능 평가를 실시하였고 제안된 시스템 의 우수성을 입증하였다.

Abstract

Recently, Many algorithms on license plate detection were proposed because of growth of the image traffic surveillance system. Thus, this paper proposes the system which detects the license plate area by using Eigen-background and covariance descriptor in the video. A proposed system detects a event frame by using background modeling technology in video and then detects a license plate using covariance descriptor by using a region variance size with space character and statistical character on moving regions in a event frame. In this paper, we conducted a performance evaluation of the proposed system through experimentations to detect a license plate in input image of CCTV on road and proved the superiority of the proposed system.

Keywords

ROI detection, covariance descriptor, image surveillance system, background modeling method

* 동아대학교 전자공학과

· 제1저자(First Author): 박종대, 교신저자(Corresponding Author): 강대성

· 접수일: 2011년 06월 22일, 수정일: 1차- 2011년 07월 15일, 2차- 2011년 08월 05일, 게재확정일: 2011년 09월 14일

I. 서 론

영상에서 추적 및 검출을 위해 가장 기본적으로 중요한 요소가 움직이는 객체에 대해 관심영역을 할당하는 것이다. 영상 내의 동일한 객체라고 할지라도 그 객체가 움직이는 방향과 그리고 영상에서 차지하는 크기의 변화, 위치 등에 따라 객체는 전혀 다른 객체로 분류되고 조명에 의해서도 객체의 특징은 크게 변한다[1]. 이 경우에 객체를 판단하고 ROI를 재할당하여 주변의 다양한 환경에 적응적으로 수렴해야하는 문제가 있다[2]-[3].

이에 본 논문에서는 CCTV에 저장된 영상에서 움직이는 차량의 번호판 영역을 ROI로써 설정하고 자동적으로 검출하는 시스템을 제안한다. 우선 고유 배경제거를 이용하여 동영상내에 배경에서 움직이는 객체를 분류하고 검출된 움직임이 있는 영역을 공분산 기술자를 이용하여 번호판 영역인지를 판단하고 검출한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존의 배경모델링 기법과 본 논문에서 사용된 기법에 대해 기술하고 비교 실험을 한다. 그리고 3장에서는 공분산 기술자를 이용하여 특징 추출하고 유사도 판단을 위한 방법에 대해 기술한다. 4장에서는 2개의 기술을 이용한 시스템에 대해 설명하고 움직이는 차량에서 번호판 영역을 할당하는 실험을 통해 제안된 시스템의 우수성을 증명하고 끝으로 5장에서 결론으로 끝맺는다.

II. 배경모델링

2.1 시간차연산

이동하는 객체를 검출하기 위해 제안된 방법들 중 가장 효과적이고 구현이 쉬운 방법은 시간차연산에 기반을 둔 방법이다. 연속적인 프레임들 사이의 차 연산을 통해 그 값이 큰 경우는 전경 물체의 픽셀로 하고 그렇지 않는 경우는 배경 픽셀로 판별하는 방법이다. 추출된 전경 물체의 픽셀이 배경 픽셀로 판별되어 추출 못하거나 배경 픽셀이지만 전경 픽셀로 판별되는 경우와 같이 잘못된 추출로 인

해 전경 이미지에 큰 구멍이나 돌출 부분 등이 생겨 날 수 있다. 이를 위해 전경 이미지에 모폴로지 연산을 프로그램의 전처리 단계로 처리되어 수행되어 진다[4]-[5].

2.2 적응 가우시안 혼합 모델

배경 화소는 하나의 화소 값을 가지고 조명 변화나 영상 취득 장치의 잡음에 따라 변화를 보인다. 이러한 배경의 값을 적응적인 가우시안 확률 분포로 효과적인 모델링이 가능하다[6].

적응 혼합 가우시안 모델(Adaptive Gaussian Mixture Model)은 여러 개의 장면에 대한 가우시안 분포로 모델링하고 입력된 장면의 변화에 대해서 적응적으로 혼합 가우시안 모델을 조정해 나간다[6]-[7].

t 시간에 어떤 픽셀 값이 X_t 의 값으로 관측될 확률은 $P(X_t)$ 인 식 (1)로 표현될 수 있다.

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

K 는 단일 가우시안의 개수를 나타내며 본 논문에서는 3을 적용하였다. $\omega_{i,t}$ 는 t 시간에서 i 번째 가우시안의 추정된 가중변수를 나타내며, $\mu_{i,t}$ 는 평균 값을 $\sum_{i,t}$ 는 공분산 행렬(covariance matrix)을 나타내고, $\eta(X_t, \mu_{i,t}, \sum_{i,t})$ 는 가우시안 확률 밀도 함수를 나타낸다[7]. 배경 추정을 위한 배경 모델링의 파라미터는 K-means 추정 방법을 사용하여 가우시안 분포와 정합되는지를 검사한다. 그리고 각 분포(σ)에 따른 가중 변수(ω)를 ω/σ 에 의해 내림차순으로 정렬한 후에 식 (2)을 만족하는 B 개의 분포를 배경의 분포로 추정한다.

$$B = \operatorname{argmin}_b \left(\sum_{K=1}^b \omega_k > T_{BG} \right) \quad (2)$$

추정 후에 새롭게 들어오는 프레임의 입력 영상에서 픽셀 컬러는 픽셀 분포 형태를 비교한다. 분포가 기존의 분포와 매칭이 되면 업데이트 시키고, 매칭하지 않을 경우 다시 새롭게 분포를 초기화 한다.

모든 과정이 끝나면 분포들을 재 정렬해준다. 이를 반복적으로 실행함으로써 배경과 전경의 픽셀들을 구분하게 된다.

2.3 고유 배경

고유배경의 장점은 움직임이 있는 객체를 효율적으로 검출할 수 있고 인위적으로 정한 배경 프레임에 따른 배경 설정과 갱신문제를 해결할 수 있다. 고유배경을 구성하기 위해서는 사용될 배경으로부터 샘플을 획득하고 이 과정을 통해서 변경된 정보에 따라 움직이는 객체를 추출한다[8]. 2차원 영상의 데이터들 PCA의 입력으로 사용하기 위해 각 프레임과 전체 영상은 식 (3)과 같은 일차원 열벡터로 구성한다.

$$I_j = \begin{bmatrix} x_{1j} \\ x_{2j} \\ \vdots \\ x_{Nj} \end{bmatrix}, S = [I_1 I_2 \cdots I_M] \quad (1 \leq j \leq M) \quad (3)$$

S 는 전체 비디오 영상으로 학습데이터 전체, j 는 이미지의 인덱스, M 은 학습데이터의 개수이고 N 은 특징의 수이다. 만약 영상의 크기가 240×320 의 영상일 경우 총 특징의 개수는 76,800개이다.

$$\mu_i = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M x_{ij}, \mu = [\mu_1 \mu_2 \cdots \mu_N]^T \quad (4)$$

$$(1 \leq i \leq N, 1 \leq j \leq M)$$

식 (4)는 학습 데이터의 평균을 나타내고 여기서 x_{ij} 는 j 번째 프레임에서의 i 번째 픽셀의 값이다.

$$A_j = I_j - \mu, A = [A_1 A_2 \cdots A_M] \quad (5)$$

$$C = AA^T \quad (6)$$

편차는 식 (5)를 통해 구하고 식 (6)을 통해 고유값과 고유벡터를 구하기 위한 공분산 행렬 C 을 구한다. 공분산 행렬 C 는 $N \times N$ 차원의 행렬로써 이 행렬의 특징 차원의 수는 N 이 되고 각각의 차원의

공분산 행렬을 이용하면 N 개의 고유값과 고유벡터를 구하기란 어렵기 때문에 AA^T 에 대한 고유벡터를 고려하여 각각의 차원에서 고유값과 고유벡터를 구한다. 고유배경은 식 (7)을 통해 구한다.

$$B_j = \frac{1}{M} \sum_{k=1}^M v_j A_k^T \quad (j = 1, 2, \cdots, M) \quad (7)$$

여기서 v_j 는 j 번째 고유벡터이고 고유벡터와 편차 벡터를 이용하여 구하는 고유배경은 B_j 이다. 이를 고유값을 내림차순으로 정렬한 후 식 (8)을 만족하는 고유값을 선택한다[9].

$$\frac{\sum_{j=1}^m \lambda_j}{\sum_{j=1}^T \lambda_j} \geq threshold \quad (8)$$

T 는 고유값 전체의 수이고 경계값을 설정하여 경계값 비율까지 반영되는 고유값 m 개를 사용하여 고유배경을 만든다. 하지만 경계값을 설정하더라도 첫 번째 고유값의 성분이 포함되기 때문에 식 (9)을 통해 객체와 배경을 구분한다. 경계 값보다 크면 객체이고 그렇지 않으면 배경으로 간주한다.

$$B = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m B_j, R_j = |I_j - B| > threshold \quad (9)$$

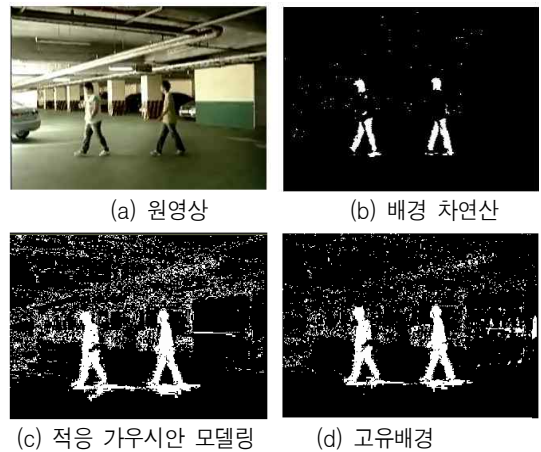


그림 1. 배경 모델링 결과화면
Fig. 1. The results of background modeling

위의 그림 1은 각각의 배경모델링에 대한 결과 화면이다. 결과 화면을 살펴보면 배경 차 연산을 사용할 경우, 움직이는 객체가 명확히 나타나지 않고 객체가 배경에 포함되어 객체의 끊어짐의 현상을 볼 수 있다. 그리고 두 배경 모델은 객체영역을 비교적 명확히 추출되었으나 고유배경을 사용했을 시에 적응 가우시안 배경 모델링 보다 잡음적인 요소와 객체영역추출에서 더 좋은 성능을 보였다. 이에 본 논문에서 제안한 시스템은 고유배경을 사용하여 객체와 배경을 분리하였다.

III. 특징 추출 및 유사도 판단

3.1 특징 이미지에 대한 공분산

공분산은 두 개 이상의 변량 데이터가 주어질 경우 각 변량간의 변화하는 양상을 나타내는 통계적 척도로서, 서로 간의 관계에 따라 음수, 양수, 혹은 영의 값을 가지게 된다. 만약 하나의 특징이 증가하고 다른 특징이 감소하면 음수이고 두 개의 특징이 함께 증가한다면, 공분산은 양수이다.

3.2 유사도 측정

특징이미지로 생성된 공분산 행렬은 제곱 관계를 가지고 있다. 즉 특징 이미지에 대한 공분산 행렬은 비선형 관계이다. 때문에 두 공분산의 유사성을 비교하기 위해 유클리디안 거리 척도를 사용할 수 없다. 이를 극복하기 위해서 두 공분산 행렬의 비 유사성을 측정하기 위하여 식 (10)을 이용한다[10].

$$\rho(C_1, C_2) = \sqrt{\sum_{i=1}^n \epsilon^2 \lambda_i(C_1, C_2)} \quad (10)$$

식 (10)의 $\lambda_i(C_1, C_2)$ 는 식 (11)로부터 계산된 공분산 행렬 C_1 과 C_2 의 일반화된 고유값이다.

그리고 0이 아닌 x_i 는 일반화된 고유벡터이다. $\rho(C_1, C_2)$ 의 값은 클수록 두 공분산 행렬의 유사성이 높음을 나타낸다. 만약 $C_1 = C_2$ 면 무상관을 나타낸다.

$$\lambda_i C_1 x_i - C_2 x_i = 0, i = 1, 2, \dots, d \quad (11)$$

IV. 제안된 시스템 및 실험 결과

4.1 제안된 시스템

제안된 시스템은 전체 동영상의 각각의 입력 프레임에서 고유배경을 이용하여 추출된 전경 이미지를 식 (12)을 통해 움직이는 영역의 크기를 판단하고 검출한 뒤 버퍼에 저장한다.

$$\begin{aligned} & \text{True Event Frame,} \\ & \text{if Moving region size} > \text{Threshold} \end{aligned} \quad (12)$$

저장된 이벤트 프레임에서 ROI를 선택하기 위해 미리 찾고자 원하는 영역의 공간 특성으로서 각 픽셀 값, 그리고 그것으로부터 획득되어진 x와 y에 대한 일차, 이차 미분 계수를 통한 특징벡터를 구를 식 (13)을 통해 구성한다.

$$Z_k = [g(x', y') | r(x', y') \\ I_x(x, y) I_y(x, y) I_{xx}(x, y) I_{yy}(x, y)] \quad (13)$$

그림 2는 제안된 전체 시스템을 나타내는 블록도이다. 이벤트 프레임에서 움직임이 있는 영역 안에서 유사도 비교를 통해 ROI를 추출해 낸다.

본 논문에서는 움직이는 차량에서 차량 번호판 영역을 추출하는 실험을 통해 성능을 평가하였다.

4.2 실험 결과

본 실험에서 사용된 동영상은 도로 위의 CCTV에서 촬영된 동영상이다.

그림 3은 제안된 시스템의 성능을 평가한 결과 화면이다. 배경모델링을 이용하여 이벤트가 발생한 프레임을 추출한 뒤 공분산 기술자를 이용하여 추출하고자 원하는 차량 번호판 영역의 특징에 대한 유사도 비교를 통해 ROI로 미리 설정된 번호판영역을 비교적 정확히 추출함을 볼 수 있다.

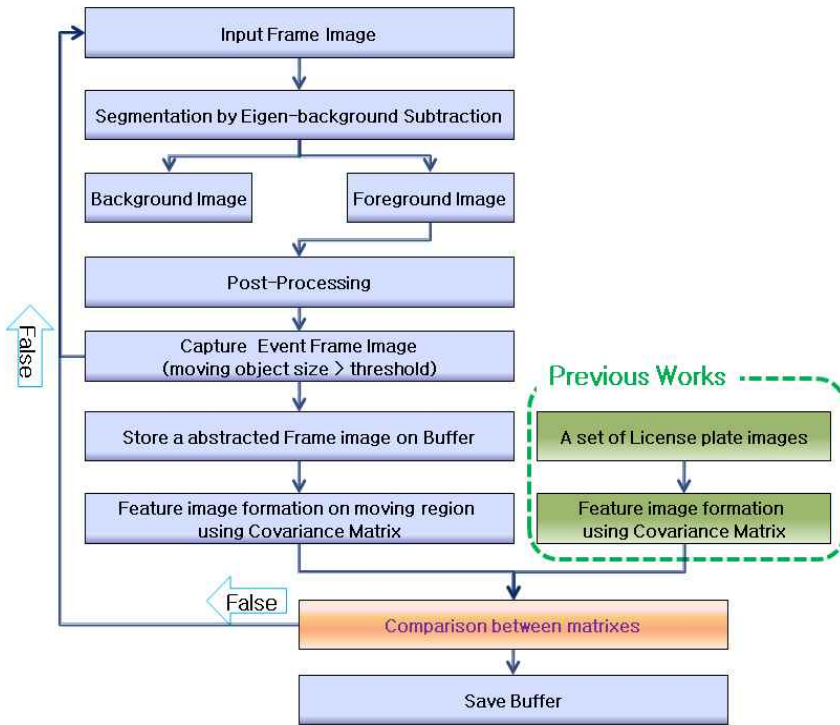


그림 2. 제안된 시스템
Fig. 2. The proposed system

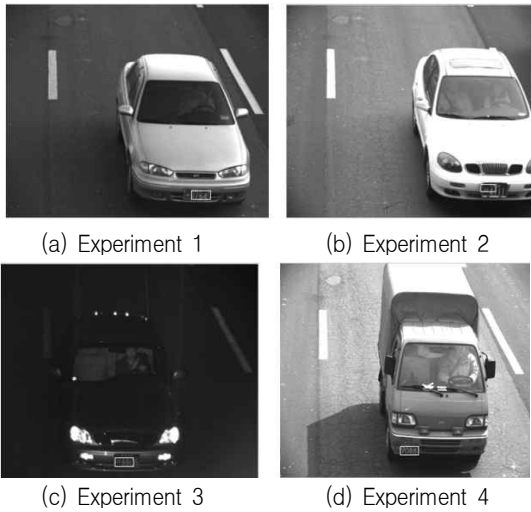


그림 3. 실험결과
Fig. 3. Experiment result

만을 추출하여 유사도를 판단하는 제안된 시스템이 처리 속도에서 약 2~2.2배 더 좋은 성능을 보임을 알 수 있다.

표 1. 번호판 영역 탐지 처리 시간(초)

Table 1. A processing time of license plate detection(sec).

experiment \ system	1	2	3	4
entire scanning system	6.84	8.45	7.53	7.46
proposed system	3.85	4.56	4.16	4.02

추가적으로 처리 속도를 개선하기 위해서는 병렬 처리 프로그래밍 기법을 이용하거나 움직이는 차량 영역에서 번호판 영역은 전체 차량 영역의 1/3 지점 아래에 있다는 가정을 통해 더 빠른 번호판 영역을 찾는 시스템을 구현할 수 있을 것이다. 하지만 본 논문에서는 제안된 시스템이 동영상에서 ROI영역을 기존의 전체 탐지 시스템보다 효과적으로 처리하는 것을 보여주고자 했기에 실험은 생략하였다.

표 1은 기존의 방법과 제안된 시스템의 수행 시간의 성능을 비교하기 위하여 삽입한 표이다. 기존의 매 프레임 전체 영역에 대해서 유사도를 판단하는 시스템보다 배경모델링을 통하여 움직이는 영역

V. 결 론

본 논문에서는 입력 영상으로부터 배경이미지를 조건에 맞추어 갱신하고 현 프레임에서의 배경이미지를 통해서 움직이는 객체를 추출하고 움직이는 객체에서 변화된 영역을 효과적으로 찾아내는 시스템을 제안하였다. 기존의 매 프레임 당 전체 화면의 영역을 판단하는 방법보다 제안된 시스템이 프로그램의 처리시간을 높이고 시스템의 부하를 줄일 수 있을 것이라 기대된다. 하지만 제안된 시스템은 처리속도에 우선사항을 두었기 때문에 변화된 영역에 대해서 많은 특징을 부여는 하지 않았다. 많은 특징을 부여할수록 정확도 면에서는 우수한 결과를 가져올 수 있으나 그 만큼의 처리시간이 더 걸리므로 적절한 실험을 통해 변화된 영역을 잘 표현할 수 있는 특징에 대한 연구가 더 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] 이필규, 서영철, 신학철, 심연, "효율적인 얼굴 검출을 위한 지역적 컨텍스트 기반의 특징 추출", 인터넷방송통신학회 논문지, 제 11권, 제 1호, pp. 185-192, 2011년.
- [2] 이슬람 모하마드 카이룰, 자한 파라, 민재홍, 백중환, "비디오 감시 응용을 위한 텍스처와 컬러 정보를 이용한 고속 물체 인식", 한국향행학회 논문지, 제 15권, 제 1호, pp. 140-146, 2011년.
- [3] 정희태, "에지 검출을 이용한 물체 추적 시스템 구현", 한국정보기술학회 논문지, 제 6권, 제 6호, pp. 8-13, 2008년.
- [4] M.Coors et. al., "Design and DSP Implementation of Fixed-Point Systems", EURASIP Journal on Applied Signal Processing, pp. 908-925, Sep. 2002.
- [5] Z. Nikolic et al., "Design and Implementation of Numerical Linear algebra Algorithms on Fixed point DSPs.", EURASIP Journal on Advances in Signal Processing, April 2007.
- [6] P. Kaew, Tra Kul Pong, and R. Bowden, "An Improved Adaptive Background Mixture Model for

Real-Time Tracking with Shadow Detection", Proc. European Workshop Advanced Video Based Surveillance System, Sep. 2001.

- [7] C. Stauffer C. and W. E. L. Grimson, "Adaptive background mixture model for real-time tracking", *IEEE CVPR*, pp. 244-252. 1999.
- [8] 전재덕, 이미정, 김종호, 김상균, 강병두, "Eigen-background와 Clustering을 이용한 객체 검출 시스템", 멀티미디어학회 논문지, 제 13권, 제 1호, pp. 47-57, 2010년.
- [9] M. Nuria, Oliver, R. Barbara, and P. Alex, "A Bayesian Computer Vision System for Modeling Human Interactions", *TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE*, Vol. 22, No. 8, Aug. 2000.
- [10] W. Forstner and B. Moonen, "A metric for covariance matrices", Technical report, Dept. of Geodesy and Geoinformatics, Sturrgart university, 1999.

저자소개

박 종 대 (Jong-Dae Park)



2010년 2월 : 동아대학교
전자공학과(공학사)
2010년 3월 ~ 현재 : 동아대학교
전자공학과(석사과정)
관심분야 : Object 인식, Tracking

강 대 성 (Dae-Seong Kang)



1984년 2월 : 경북대학교
전자공학과(공학사)
1991년 2월 : Texas A&M 대학교
전자공학과(공학석사)
1994년 2월 : Texas A&M 대학교
전자공학과(공학박사)
1995년 ~ 현재 : 동아대학교

전자공학과 교수
관심분야 : 영상처리, 비디오 색인 및 검색, 영상압축