

## HOG-PCA와 객체 추적 알고리즘을 이용한 보행자 검출 및 추적 시스템 설계

박찬준\*, 오성권\*, 김진율\*\*  
 수원대학교 전기공학과\*  
 수원대학교 전자공학과\*\*

### Design of Pedestrian Detection and Tracking System Using HOG-PCA and Object Tracking Algorithm

Chan-Jun Park\*, Sung-Kwun Oh\* and Jin-Yul Kim\*\*  
 Department of Electrical Engineering, The University of Suwon\*  
 Department of Electronic Engineering, The University of Suwon\*\*

**Abstract** - 본 논문에서는 지능형 영상 감시 시스템에서 보행자를 검출하고 추적을 수행하기 위해 은닉층 활성화함수에 가우시안 대신 FCM를 사용한 RBFNNs 패턴분류기와 객체 추적 알고리즘인 Mean Shift를 융합한 시뮬레이터를 개발한다. 시뮬레이터는 검출부와 추적부로 나누며, 검출부에서는 입력 영상으로부터 기울기의 방향성을 이용한 HOG (Histogram of Oriented Gradient) 특징을 구하고 빠른 처리속도를 위해 PCA 알고리즘을 통해 차원수를 축소하고 pRBFNNs 패턴분류기를 통해 보행자를 검출 한다. 다음 추적부에서 객체 추적 알고리즘인 Mean Shift를 이용하여 검출된 보행자 추적을 수행한다.

방향  $\theta$ 를 구한다.

$$f_x(x,y) = I(x+1,y) - I(x-1,y) \quad (1)$$

$$f_y(x,y) = I(x,y+1) - I(x,y-1)$$

$$S(x,y) = \sqrt{f_x(x,y)^2 + f_y(x,y)^2} \quad (2)$$

$$\theta(x,y) = \tan^{-1} \left( \frac{f_x(x,y)}{f_y(x,y)} \right) \quad (3)$$

#### 1. 서 론

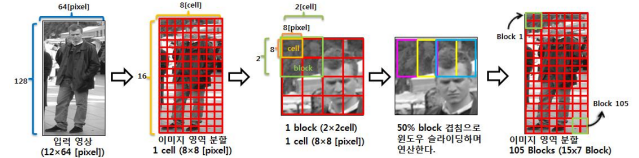
최근 감시와 보안을 목적으로 CCTV 설치가 활발해지면서 지능형 영상 분석의 수요가 늘어남에 컴퓨터 비전을 이용한 자동화 응용분야와 지능형 감시 시스템의 연구가 진행 중에 있다. 객체 검출과 객체 인식은 컴퓨터 비전을 이용한 지능형 감시 시스템에 필수 기술로 추적 및 안전 감시 등에 광범위하게 응용 될 수 있다. 객체 인식을 수행하기 위해서는 전 단계인 객체 검출이 정확하게 수행되어야 한다. 하지만 영상 내 조명 변화, 장애물에 의한 가림 등에 검출은 매우 어려운 문제이면서 정확하게 수행되어야 한다. 본 논문에서는 정확하고 신뢰성 있는 보행자 검출을 위해 전처리 과정에서 기울기의 방향성을 이용한 HOG 특징을 구하고 PCA 알고리즘을 이용하여 고차원의 특징을 저차원으로 축소한다. 축소된 HOG 특징을 제안하는 시뮬레이터의 검출부에서 pRBFNNs 패턴분류기를 통해 보행자를 검출하고 다음 추적부에서 Mean Shift를 이용하여 검출된 보행자를 추적한다.

본 논문에서는 기울기 방향성을 180°로부터 균일하게 20°씩 나누어 bin 9개로 설정하고, 그림 2와 같이 128×64의 보행자 이미지를 셀을 8×8픽셀, 블록을 2×2로 분할하였고 히스토그램으로 생성하였다. 그림 3(a)는 셀 내부 기울기를 나타내며, 그림 3(b)에서 bin에 해당하는 셀의 기울기를 히스토그램으로 구성을 나타냈고, 그림 3(c)는 블록단위의 히스토그램을 나타낸다.

#### 2. 본 론

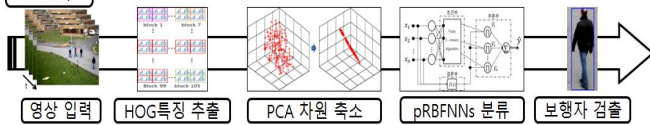
##### 2.1 보행자 검출부

본 논문에서의 제안하는 시뮬레이터의 검출부는 보행자 추적을 수행하기 전에 보행자를 검출하기 위해 필수적으로 수행하는 단계로서 입력 영상으로부터 HOG 알고리즘을 이용한 특징을 계산하고 PCA 알고리즘을 이용하여 특징을 축소한다. 특징 축소후 제안하는 pRBFNNs 패턴분류기를 통해 보행자를 검출한다. 그림 1은 검출부의 전체적인 구성을 보여준다.



〈그림 2〉 입력 영상으로부터 Cell과 Block 단위 영상 분할

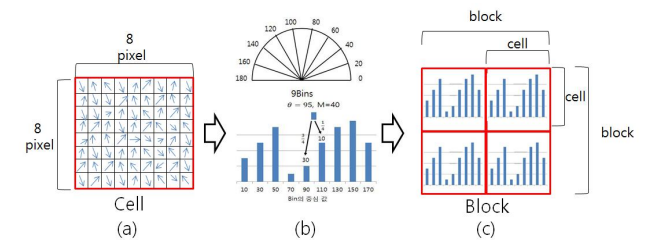
##### 검출부



〈그림 1〉 보행자 검출부의 구성

##### 2.1.1 HOG 특징 추출

HOG [1]는 2005년 Dalal과 Triggs가 보행자를 검출하기 위해 제안한 특징으로 국소영역에서 근접화소들 간의 밝기 차이를 이용하여 기울기와 방향성을 구하고 이를 히스토그램으로 구성하여 특징을 생성한다. HOG특징은 히스토그램으로 구성하기 때문에 조명의 영향에 민감하지 않고 기하학적 변화에 강한 특징을 가진다. HOG 특징은 근접화소들 간의 기울기와 방향성을 이용하여 특징을 추출하므로 (1)를 이용하여 x,y 축의 기울기  $f_x, f_y$ 를 구하고, 기울기의 크기  $S$ 는 (2)를 통해 구할 수 있다. 그리고 (3)는 각 축의  $f_x, f_y$ 와 크기  $S$ 를 이용하여 기울기의 방



〈그림 3〉 Cell 내부에서의 HOG특징과 Block 내부의 히스토그램

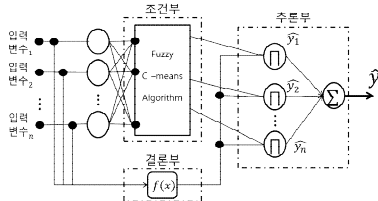
##### 2.1.2 PCA를 통한 차원 축소

PCA(Principal Components Analysis)는 벡터 표현의 통계적 특성을 기반으로 한 방법으로 통계적으로 변화가 있는 N차원의 N개의 벡터를 공분산 행렬에 의해 고유 벡터로 표현 한다. 주성분 분석법은 서로 다른 공간의 차원을 줄여서 간단히 표현하는 실용적인 방법으로 많이 사용되고 있다. 앞 절에서 HOG 알고리즘을 통하여 추출한 특징 벡터들은 3,789개로 고차원이므로 패턴인식에 사용할 경우 많은 연산으로 인해 인식 속도가 느려지는 단점이 있다. 이러한 인식 속도 개선을 위하여 PCA알고리즘을 사용하여 차원을 축소한다.

##### 2.2 pRBFNNs 패턴분류기를 이용한 보행자 검출

추출된 HOG-PCA특징을 pRBFNNs 패턴분류기를 통해 보행자 또는 배경으로 이진 분류를 한다. 제안된 pRBFNNs[2]는 기존의 RBFNN과 달리 결론부의 연결 가중치를 상수항 대신 일차식, 이차식으로 확장하여

사용한다, 그리고 조건부의 활성화수는 가우시안 함수 대신 FCM클러스터링 알고리즘을 사용하여 데이터의 특성을 반영 할 수 있도록 하였다. 분류기의 최종 출력은 조건부와 결론부의 다항식으로 표현된다. 제안된 pRBFNNs는 다차원 입, 출력 문제와 강인한 네트워크 및 예측 능력이 우수한 특징을 갖는다. 설계된 패턴분류기는 다중 스케일의 테스트 영상에서 슬라이딩 윈도우 방식으로 보행자 유무를 판단하고 보행자 후보 영역들을 NMS 기법을 이용하여 보행자를 검출한다. 그림 4는 제안하는 RBFNN 패턴분류기를 나타낸다.



〈그림 4〉 제안하는 RBFNN 패턴분류기

### 2.3 보행자 추적부

본 논문에서는 동영상 내 검출된 보행자에 대해 추적을 수행하기 위해 객체 추적 알고리즘인 Mean Shift[3]를 이용하여 검출된 보행자를 추적한다. Mean Shift는 가장 가깝게 존재하는 정점의 위치를 찾기 위해 표본분포의 기울기를 따라 올라가는 과정을 반복적으로 하는 비모수적(nonparametric)인 방법으로 최근 이미지분할, 윤곽선 검출, 영상 추적에 많이 사용되는 알고리즘이다.

#### 2.3.1 Mean Shift 알고리즘

평균 이동 알고리즘은 탐색 영역의 전체를 검색하지 않고 특정 물체를 추적이 가능한 알고리즘으로 객체를 추적하기 위해서는 두 가지의 확률 밀도 함수를 구해야한다. 이 두 가지의 확률 밀도는 목표 모델(Target model) (4)과 목표 후보(Target candidate) (5)의 확률 밀도 함수이다.

$$\hat{q}_u = \frac{1}{\sum_{i=1}^n k(|x_i|^2)} \sum_{i=1}^n k(|x_i|^2) \delta[b(x_i) - u] \quad (4)$$

$$\hat{p}_u(y) = C_u \sum_{i=1}^n k\left(\left|\frac{y-x_i}{h}\right|^2\right) \delta[b(x_i) - u] \quad (5)$$

$$C_u = \frac{1}{\sum_{i=1}^n k\left(\left|\frac{y-x_i}{h}\right|^2\right)}$$

여기서,  $u$ 는 히스토그램의 눈금으로 영상의 밝기이다. 일반 디지털 흑백 영상은 0~255의 8bit 범위를 가지는 밝기 정보를 가지고 있다. 그리고  $\delta$ 는 크로네커 델타 함수,  $k$ 는 epanechnikov 커널이다. 평균 이동에서 커널은 가중치의 개념으로 사용되어진다.

추적 모델과 추적 후보의 확률 밀도 함수는 커널 함수에 의하여 가중된 컬러 히스토그램으로 나타내어진다. 여기서 가중치는 (4)에서 보는 것과 같이 영상 안의 좌표에 의하여 달라진다. 이 두 확률 밀도 함수의 유사도를 계산하여 유사도가 높은 쪽으로 추적하며, 이 유사도는 바테차리아 계수(Bhattacharyya coefficient)이며 아래 (6)와 같이 나타낸다.

$$\rho(y) = \rho[p(y), q] = \sum_{u=1}^m \sqrt{p_u(y) q_{u,u}} \quad (6)$$

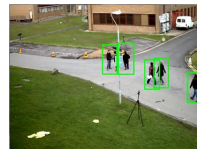
유사도가 높은, 즉 바테차리아 계수가 높은 방향으로 향하는 벡터를 생성하게 되는데 이 벡터를 쫓아서 반복 연산을 수행하여 최종 위치를 정한다. 평균 이동 벡터는 (7)과 같다.

$$y = \frac{\sum_{i=1}^n x_i w_i g\left(\left|\frac{y_0 - x_i}{h}\right|^2\right)}{\sum_{i=1}^n w_i g\left(\left|\frac{y_0 - x_i}{h}\right|^2\right)} \quad (7)$$

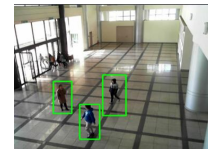
### 3. 실험 및 결과 고찰

본 연구에서는 지능형 감시 시스템에서 보행자를 검출 및 추적을 수행하기 위해 HOG-PCA 특징을 이용한 pRBFNNs 패턴분류기를 통한

보행자 검출과 객체 추적 알고리즘인 Mean Shift를 통한 보행자 추적을 수행하는 시뮬레이터를 설계한다. 설계하는 시뮬레이터는 검출부와 추적부로 나누어지며, 검출부에서 제안하는 pRBFNNs 패턴분류기의 학습 및 검증 데이터는 보행자 검출에 많이 사용되는 INRIA 공인 데이터를 보행자 1200장, 비보행자 1200장으로 구성되어 설계하였다. 테스트 영상에서 슬라이딩 윈도우 방식을 이용하여 보행자 영역을 검출하고 NMS 기법을 이용하여 최종적인 보행자를 검출한다. 이후 추적부에서 수행하는 보행자 추적 과정에서 초기 영역은 검출부에서 검출된 보행자 영역을 이용하며, Mean Shift 알고리즘을 통해 추적을 수행한다. 또한 추적 여부는 현재의 보행자 영역의 중심값과 이전 보행자 영역 중심 값의 거리 차이를 이용하여 추적 여부를 판별해내며, 추적에 실패하였다고 판단한 경우 다시 검출부를 통해 다시 보행자 영역을 검출하고 추적을 수행한다. 실험에 사용한 동영상은 MIT에서 제공하는 Pedestrian 영상과 수원대학교 IC&CI 연구실에서 촬영한 실내에서 보행자 대상자가 2명 이상 존재하는 상황에서 실험을 진행하였다.



MIT Pedestrian 영상



수원대학교 IC&CI 영상

〈그림 5〉 검출부에서 보행자 검출



MIT Pedestrian 영상



수원대학교 IC&CI 영상

〈그림 6〉 추적부에서 검출된 보행자 추적

## 4. 결 론

본 논문에서는 HOG-PCA 특징을 이용하여 pRBFNNs 패턴분류기 설계하여 보행자를 검출하였고 검출된 보행자를 추적하기 위해 Mean Shift 알고리즘을 사용하였다. 실험 결과는 위 그림 5와 그림 6은 MIT에서 제공한 보행자 영상과 수원대학교 IC&CI 연구실에서 촬영한 영상 중 일부이며, 그림 6은 검출부에서 보행자를 검출하고, 그림 7에서 검출된 보행자 영역에서 설정한 대상자를 추적부에서 추적하는 것을 확인하였다.

### 감사의 글

본 연구는 한국 산업단지공단의 10차년도 산업집적지경쟁력강화산업계획의 생산기술사업화 지원사업으로 연구를 수행하였음 (NTIS-1415136442)

### [참 고 문 헌]

- [1] Dalal and B. Triggs, "Histograms of oriented gradients for human detection" IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 886-893, 2005
- [2] S-K. Oh, W-D. Kim, and W. Pedrycz, "Polynomial based radial basis function neural networks (P-RBFNNs) realized with the aid of particle swarm optimization," Fuzzy Sets and Systems, Vol. 163, No. 1, pp. 54-77, 2011
- [3] Guo, Huimin, Ping Guo, and Qingshan Liu. "Mean shift-based edge detection for color image." Neural Networks and Brain, 2005. ICNN&B'05. International Conference on. Vol. 2. IEEE, 2005.