

# 도로 상황인식을 위한 배경 및 로컬히스토그램 기반 객체 추적 기법

## Background and Local Histogram-Based Object Tracking Approach

김영환\*      박순영\*\*      오일환\*\*      최경호\*\*\*  
Young Hwan Kim      Soon Young Park      Il Whan Oh      Kyoung Ho Choi

**요약** 도로에서 발생하는 차량간 충돌사고, 교통 소통 상황, 보행자 사고 등 다양한 도로 상황을 모니터링 및 자동으로 인식하여 교통정보를 제공하거나 긴급구난 서비스를 제공하기 위한 다양한 기술이 개발되고 있다. 도로 모니터링을 통한 다양한 객체 추적 및 상황인식을 위해서는 잡음 및 겹침 등에 강인한 객체 추적 기술이 요구된다. 본 논문에서는 외부 환경에서 Background Subtraction, LK-Optical Flow, 지역 기반 히스토그램 특징의 결합을 통해 추적을 위한 몇 가지 추정 인자를 생성하고 이를 통해 변화가 있는 객체, 잡음에도 비교적 강인한 추적 방법을 제안한다. 구체적으로는 객체의 초기 움직임 정보를 검출하기 위해 옵티컬 플로우를 적용하여 컬러 정보 및 밝기 변화에 무관한 이동 정보를 측정한다. 측정된 정보를 기반으로 하여 지역 히스토그램 기반 검증을 통해 신뢰도를 판단한다. 신뢰도가 낮을 경우 배경 제거 정보와 지역 히스토그램 트래커의 정보를 혼합하여 새로운 위치를 추정한다. 실험을 통해 제안된 기법이 객체를 추적하고 있는 도중 나타날 수 있는 충돌, 새로운 특징의 등장, 크기 변화 상황에 강인하게 동작함을 제시한다.

**키워드** : 비디오 감시, 객체 추출, 도로 모니터링, 적응형 객체 추적

**Abstract** Compared with traditional video monitoring systems that provide a video-recording function as a main service, an intelligent video monitoring system is capable of extracting/tracking objects and detecting events such as car accidents, traffic congestion, pedestrian detection, and so on. Thus, the object tracking is an essential function for various intelligent video monitoring and surveillance systems. In this paper, we propose a background and local histogram-based object tracking approach for intelligent video monitoring systems. For robust object tracking in a live situation, the result of optical flow and local histogram verification are combined with the result of background subtraction. In the proposed approach, local histogram verification allows the system to track target objects more reliably when the local histogram of LK position is not similar to the previous histogram. Experimental results are provided to show the proposed tracking algorithm is robust in object occlusion and scale change situation.

**Keywords** : Video Surveillance, Object Tracking, Road Monitoring, Object Tracking

### 1. 서론

지리정보 시스템 기술의 발달로 비디오 인식 기술과 결합된 비디오 네비게이션 시스템, GIS 기반 비디오 비주얼라이징 시스템 등 다양한 응용 시스

템의 개발이 활발히 추진되고 있다. 도로상에 설치되어 비디오 정보를 제공하는 CCTV의 기능도 단순한 녹화기능 만이 아닌 객체의 자동 추출 및 사건 자동검출 기능과 GIS 시스템이 결합되어 광대한 지역에 대한 실시간 도로정보 및 통합된 지역감시

<sup>†</sup>This paper was supported by Research Funds of Mokpo National University in 2010.

\* Young Hwan Kim, Researcher, Alticast Corp., yhkim713@gmail.com

\*\* Soon Young Park, Il Whan Oh, Full Professor, Dept. of Electronics Eng., Mokpo National Uni., syipark@mokpo.ac.kr, ilwhan@mokpo.ac.kr

\*\*\* Kyoung Ho Choi, Associate Professor, Dept. of Electronics Eng., Mokpo National Uni., khchoi@mokpo.ac.kr (Corresponding Author)

기능을 수행하도록 진화되고 있다. 넓은 지역에 설치된 카메라를 통합하기 위해서 카메라의 위치정보와 도로망 정보 등 다양한 지리정보가 결합되어 활용되고 있다. 추가적으로, 지리정보를 기반으로 다수의 카메라에서 촬영된 영상을 동기화하고 정보를 일목요연하게 자동으로 정리하고 사건이 일어나는 때의 상황을 인지하는 등 예방 중심의 효율적인 지능형 감시 시스템이 요구되고 있다[3, 4, 18].

지능형 영상 감시시스템은 영상 내에서 변화의 유무나 센서에 의한 문제점을 검출하는 단순한 방식이 아니라 영상의 분석, 컴퓨터 비전, 패턴 인식 등의 기술을 적용하여 자동으로 목표물 또는 이동 객체를 탐지, 추적, 식별, 행동분석 및 검색하여 관찰되는 객체 정보를 분석하는 것이다. 기본적으로 영상 감시시스템에서 지능형이 가능하기 위해서는 취득된 영상을 효과적으로 분석하기 위해 전처리 과정이 필요하고, 영상분석을 통한 객체인식 및 추적기술, 행동분석 등이 요구된다.

본 논문에서는 영상에서 효과적으로 움직이는 객체를 찾기 위한 방법, 객체 추적에 필요한 정보를 분석하는 방법을 제안할 것이다. 구체적으로는, 객체의 초기 움직임 정보를 검출하기 위해 옵티컬 플로우를 적용하여 컬러 정보 및 밝기 변화에 무관한 이동 정보를 측정한다. 측정된 정보를 기반으로 하여 지역 히스토그램 기반 검증을 통해 신뢰도를 판단한다. 신뢰도가 낮을 경우 배경 제거 정보와 지역 히스토그램 트래커의 정보를 결합하여 새로운 위치를 추정한다. 또한 객체를 추적하고 있는 도중 나타날 수 있는 충돌, 새로운 특징의 등장, 크기 변화 상황을 옵티컬 플로우 벡터 정보, 로컬 히스토그램 매칭을, 배경 제거 정보를 통해 계산된 모멘트 정보에 기반하여 판단하고 객체에 지속적으로 적응, 추적해 나가게 된다.

## 2. 관련 연구 조사

지능형 감시 시스템에서의 객체 추적을 어렵게 하는 요소는 다음과 같다. 즉, 1) 3D의 실제 세상을 2D 이미지로 투영함으로써 생기는 정보 손실, 2) 이미지의 잡음, 3) 복잡한 움직임, 4) 별다른 특징이 없거나 주위 환경과 비슷한 객체, 5) 부분 혹은 전체적인 가려짐, 충돌, 6) 복잡한 외형, 7) 화면의 급작스러운 밝기 변화 등이 있다. 다수의 객체 트래커

는 몇 가지 가정을 두어 위 제한점을 극복한다. 대표적으로 프레임 간 객체 움직임은 큰 차이가 없고 변화 또한 작다는 것을 전제조건으로 하는 것이며 초기에 컬러 정보 등을 주어 추적 문제를 더욱 단순하게 만든다. 실제 객체를 추적할 때 객체 표현 방법을 잘 잡는 것이 매우 중요하다. 환경에 따라 추적해야 할 대상이 다르기 때문인데, 예를 들어 바다위의 보트, 수족관의 물고기, 도로위의 차량 등은 각각의 공간적 배경이 갖는 특성이 있고 모두 추적 대상이 갖는 특성이 존재한다.

객체는 다양한 방법으로 표현될 수 있다. 대표적으로, 객체를 점의 집합으로 표현하거나 사각형, 원형 등 다양한 형태로 모델링 할 수 있다[14, 16]. 이외에도 실루엣이나 외각선, 스켈레톤 정보를 이용하여 복잡한 외형을 지닌 객체 추적에 적용하기도 한다[1, 17]. 가우시안[19], 혼합 가우시안[12], 히스토그램 모델[10, 21] 등 확률밀도함수를 추출된 객체 영역에 적용한 기법도 있다. 통상 이들 방법을 Kernel Tracking 이라 부르며 대표적으로 Mean-Shift 방법[10]이 있다. 객체 추적을 위한 방법으로는 컬러, 옵티컬플로우를 이용한 Horn and Schunck Method[6], Lucas and Kanade 기법[9], 텍스처를 이용한 Gray-Level Cooccurrence Matrices(GLCM's) 기법[5], 배경정보를 이용한 Running Gaussian Average[15], Gaussian Mixture Models[13], Gaussian Mixture Models with adaptive number of components[20], Eigen backgrounds[11] 방법이 있다. 이외에도 히스토그램 기반의 객체추적을 위해 Minkowski Distance, Kullback-Leibler Distance[7], Bhattacharyya Distance[2], The Earth Mover's Distance[8] 등 다양한 Distance 연산 기법 들이 제안되어 활용되고 있다.

## 3. 제안된 객체 추적 알고리즘

본 논문에서는 Dense Optical Flow, Histogram 그리고 Background Subtraction 등 3가지 정보를 활용하여 충돌 및 겹침에 강인한 배경 및 로컬히스토그램 기반의 다이나믹 객체 추적 기법을 제안한다.

Figure 1은 제안된 객체 추적 알고리즘의 구성도를 보여준다. 먼저 특징 기반의 트래커가 객체의 움직임 정보에 기반하여 LK(Lucas-Kanade) 방법으

로 객체의 위치를 추정하고, 추정된 위치에서 지역 히스토그램 트래커를 통해 히스토그램의 매칭율을 구한다. 매칭 신뢰도가 높다면 해당 위치를 새롭게 측정된 객체 영역으로 인정하고, 매칭 신뢰도가 낮다면 지역 히스토그램 트래커를 통해 Background Subtraction 정보와 결합하여 새로운 위치를 추정하게 된다.

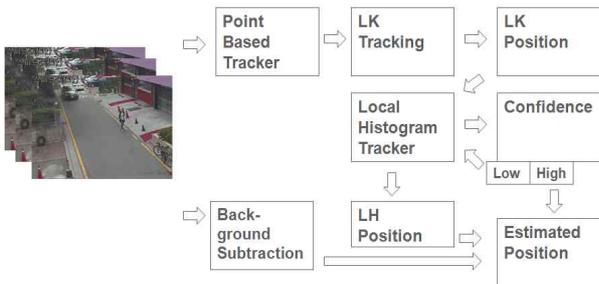


Figure 1. The Block Diagram of Proposed Object Tracking Algorithm

LK 추정을 통해 특징점의 이동 방향을 확인 할 수 있으나 각 특징 점이 갖는 움직임의 신뢰도를 측정할 수는 없다. 또한 객체의 움직임 정보 외에 다른 요인을 반영하지 않아 충돌, 겹침 등의 상황에 매우 취약하다. 이를 보완하기 위해 제안된 기법에서는 추적된 특징 점의 신뢰도를 역 추정 및 템플릿 매칭을 통해 측정한다. 측정된 신뢰도를 이용하여 신뢰 가능한 구간의 특징 점을 사용함으로써 객체의 충돌 등의 상황에도 트래커가 추적에 실패하는 일이 줄어들게 된다. 추가적으로, 제안된 기법에서는 M 개의 분할된 영역에 대해서 로컬 히스토그램을 이용한다. Cam-Shift, Mean-Shift 트래커를 통해 객체를 추정시 단일 히스토그램을 통해 객체를 묘사하는 경우, 객체의 컬러가 단순하거나 배경에 복잡한 요소가 없다면 매우 강건하게 잘 작동하지만 비슷한 컬러가 배경에 분포하거나 객체 자체가 복잡한 컬러로 이루어져 있다면 지역 최대값에 빠지는 등 추적에 실패할 확률이 커진다. 이를 극복하기 위해 제안된 기법의 지역 히스토그램 특징은 객체를 M 분할하여 M개의 히스토그램으로 객체를 묘사하여 단일 히스토그램이 손실하는 위치 정보를 보존할 수 있게 한다. 예를 들어 상위가 흰색이고 하위가 검정색인 객체가 있다면 단일 히스토그램은 이들이 고루 섞여있는 영역과 상위, 하위가 구분되어 흰색, 검정색이 분포한 영역을 구분할 수 없지만

지역 히스토그램을 이용하면 두 영역의 구분이 가능하게 된다. Figure 1의 각 모듈별 상세기능은 다음과 같다.

### 3.1 Point-based Tracker

제안하는 트래커는 Figure 2와 같은 Dense Optical Flow 방법을 기본으로 한다. 객체를 선택하면 객체 영역 안에서 N by N 개의 특징점을 설정한다. t번째에서 설정된 특징점은 LK-Optical Flow 방법으로 추적되며 t+1번째에서 추적된 결과는 추적 결과의 신뢰도에 따라 사용할 것인지 말 것인지를 결정하게 된다.

추적 결과의 신뢰도를 결정하는 것은 2가지 방법을 사용한다. 하나는 역으로 t번째에서 t-1번째로 추적 한 점 간의 거리 정보 그리고 템플릿 매칭 결과이다. 인접한 시간 영역에서 추적되는 객체는 추적되는 거리가 작을 수 밖에 없다. 때문에 템플릿 매칭은 효과적으로 t-1, t번째 특징 점이 동일한 것인지 확인 가능한 요소가 된다.



Figure 2. An Example of Feature Tracking along the Time

기존의 특징점 기반의 트래커들은 t, t+1 번째의 정보를 그대로 사용하는 경우가 많았다. 코너등의 특징을 추적하는 경우 큰 문제가 없으나 Dense 하게 모든 정보를 사용할 경우 모든 점이 추적에 무사하게 성공하기는 어렵다. 때문에 추적된 점의 신뢰도를 측정해야 할 필요가 있다. 추적 결과 t 번째 프레임에서 설정된 영역의 특징점들은 t+1번째에 이동된 점들의 위치 정보가 나오게 된다. t+1번째에 출력된 점들에 기반하여 다시 t번째 프레임을 대상으로 특징 점을 역으로 추적한다. 이렇게 추적된 점들의 거리 정보에 기반하여 에러가 되는 점들을 추

정 가능하다. 각 점간의 거리를 측정하는 방법은 유클리디안 거리를 사용하며 거리 에러 추정 임계치는 다음과 같이 결정한다.  $P_t$ 를 t번째 프레임에 결정된 특징점이라 하면 각 요소는 각 특징점의 위치 정보를 저장하게 된다.

$$P_t = \{p_{t1}(x, y), p_{t2}(x, y), \dots, p_{tN}(x, y)\} \quad (1)$$

$$DE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N D_i(P_{t+1}, P_t) \quad (2)$$

$DE$ 는 Distance Error를 결정하는 임계값이 된다. 함수  $D_i$ 는  $i$ -번째 특징점 간의 유클리디안 거리를 측정하는 함수가 된다. 이 거리가 임계치 이상으로 커지면 추적에 실패한 특징점으로 간주한다. 각 특징점  $P_t$ 를 기준으로 각 점별로 N by N 영역을 템플릿 이미지로 저장하고  $P_{t+1}$ 번째에 추적에 성공한 점들을 대상으로 동일한 크기의 패치를 추출하여 각 영역별로 매칭율을 구한다. 본 논문에서는 상관관계수 매칭 방법을 사용한다. 상관관계수 매칭 방법은 템플릿과 입력 영상 각각의 평균을 고려한 매칭을 수행하므로 조명의 영향을 적게 받는 것으로 알려져 있다. 매칭이 끝난 후 모든 점들의 매칭율들의 중간값(Median)을 고른다. 이 값을 임계값으로 삼아 중간 값 이상의 모든 점은 정상적으로 추적된 것으로 처리한다.

Figure 3과 같이 차량과 사람이 순간적으로 겹치면 발 부분이 사라지게 되는데 이때 차량은 앞쪽으로 계속 이동하고 있는 상태이다. 차량을 추적하는 데서 발생하는 오픈컬 폴로우 결과는 사람의 움직임과는 분명 아무 관련이 없지만 해당 특징점을 에



Figure 3. An Example of Feature Tracking Evaluation

러 처리하지 않는다면 사람의 움직임 추적에 차량의 이동 정보가 반영되게 된다. 차량이 통과하면서 순간적으로 이전 프레임의 템플릿 영상과 매칭율이 떨어지게 된 특징점들은 녹색으로 처리된 모습이다. 해당 점들의 이동 결과는 사람의 움직임을 추적하는 박스에 영향을 미치지 않게 된다. 빨간색의 점들은 역 추적된 추적 점의 거리 정보와 각각의 템플릿 매칭율을 이용하여 성공적으로 추적된 특징점을 표시한 것이다. 해당 점들의 결과를 종합하여 추적 박스의 움직임(이동 방향, 거리)을 결정하게 된다.

### 3.2 Local Histogram-based Tracker

영상에서 특정 객체를 추정하는데 사용되는 정보 중 유용한 것 중 하나는 컬러 정보이다. 하나의 객체는 컬러 모델에 관계없이 양자화된 히스토그램 모델로 근사화 시킬 수 있다. 양자화 레벨에 따라 객체를 조금 더 자세하게 혹은 더 대략적으로 묘사하는 것이 가능하다. 또한 이 히스토그램 정보를 기반으로 이미지 전체에서 해당 객체가 나타날 확률이 높은 곳을 역 투영하여 평균 이동 기법을 적용하는 것은 기존의 MeanShift, CamShift 의 방법이 었다. 객체 영역으로 붉은 색 꼬깔 모양의 객체를 택한 경우(Figure 4 참조) 역 투영된 이미지를 살펴보면 해당 위치가 밝은 색으로 매칭율이 매우 높게 나오게 되지만, 외부 환경에서 복잡한 객체를 선택하면 해당 방법은 좋은 성능을 보이지 어렵다. 해당 문제를 해결하기 위해 지역 히스토그램 추적 방법을 사용한다. 지역 히스토그램 추적방법은 역 투영 방법이 손실해 버리는 지역 정보를 활용하여 히스토그램을 구성 추적하는 방법을 말한다. 지역 히스토그램 기반의 트래커는 Figure 4와 같이 작동하며 초기 특징은 객체를 M 등분하여 생성한 위치 정보를 의미한다. 해당 위치 정보를 기반으로 지역 히스토그램을 생성하면 하나의 객체는 다수의 히스토그램 집합으로 설명될 수 있다.

이는 기존에 하나의 히스토그램으로 객체를 추정하는 방법에 비해 정확도를 올릴 수 있다. 히스토그램을 구성하는데 사용되는 컬러 정보는 RGB 모델이며 0 - 255 까지 정보를 채널 별로 10단계의 양자화 단계를 두어 히스토그램을 구성한다. 지역 히스토그램 연산을 위해 사용된 영역은 Figure 4와 같다. 즉, 총 5개의 지역 히스토그램을 위해 객체를 Figure 4와 같이 나누어 각 좌표별로 정보를 보관



Figure 4. Local Histogram-based Tracker Model (upper) and the Proposed Window for the Local Histogram Tracker

한다. 초기 위치에서 실제 주요한 객체의 컬러 정보는 중심인  $c_x, c_y$ 를 기준으로 주로 분포한다. 때문에 중심점으로부터 멀어질수록 겹침의 영향이나 객체가 아닌 배경의 컬러 성분일 가능성이 높아진다. 히스토그램 생성시에 이를 반영하기 위해 (3) 과 같은 가중치 윈도우를 설정한다.

$$w(i) = 1 - \frac{|c_i - i|}{h}, \quad (3)$$

$h$ 는 마스크 반지름이며  $c_i$ 는 중심 좌표를 의미한다. 중심점으로부터 멀어질수록 컬러 정보가 반영되는 비율은 비례하여 줄어들게 된다. 객체를 추정하는 방법은 윈도우 기반으로 객체 크기보다 큰 검색 윈도우를 설정한 후 모든 영역에 대해 히스토그램



Figure 5. An Example of Significant Change of Local Histogram (Left to Right)

유사도를 비교하게 된다. 추출된 히스토그램은 Bhattacharyya similarity coefficient 방법에 의해 비교된다.

LK 추정을 통해 유추된 위치의 히스토그램 정보가 초기 정보와 비교적 높은 매칭율을 보인다면 크기 정보만을 Background Subtraction 정보를 이용해 추정하고 마무리하게 된다. 히스토그램 매칭율이 낮다면, LK 트래커가 추정된 점을 중심으로 검색 윈도우를 설정하고 좌표를 일정 비율로 옮겨가며 해당 위치에서의 매칭율을 조사하게 된다. 각각의 유사도와 좌표 정보를 기준으로 새로운 객체의 위치를 추정하는 방법 중 가장 단순한 방법은 가장 유사도가 큰 영역을 기준으로 새로운 객체의 위치를 잡는 것이다. 하지만 이 방법은 객체의 겹침이나 충돌 등에 위치가 급격하게 바뀔 확률이 크게 존재한다. Figure 5의 예에서와 같이 초기 프레임에서는 주로 흰색 성분이 위쪽으로 아래쪽으로 어두운 성분이 분포했는데 추적중인 사람이 뒤를 돌면서 밝은 성분의 배경과 어두운 성분의 뒷모습이 반영되어 객체 추적이 불안정해지는 모습을 보인다. 이러한 문제를 해결하기 위해 제안된 기법에서는 매칭율이 일정 문턱치 이상인 위치정보의 평균을 이용한다. Figure 6에서 녹색 사각형이 겹쳐서 보이는 부분은 추적 윈도우 안에서 검출된 매칭율 상위 10%의 분포 정도를 나타낸다. 이 정보를 기반으로 객체는 매칭율 상위 10% 정보의 평균 좌표를 구해 새롭게 정해지며 검정색 박스로 표시된 부분은 새로 정해진 위치를 의미한다. 객체의 내부 컬러 모델의 변화에도 추적하는 사각형이 벗어나지 않음을 알 수 있다.

### 3.3 객체 위치 추정 기법

추적된 결과를 종합하여 최종적으로 객체의 좌표와 크기 정보를 결정해야 한다. 이때 영향을 미치는 요인으로 크게 1) 새로운 객체의 유입(충돌), 2) 객체의 새로운 컬러 면이 등장, 3) 객체의 크기 변화를 들 수 있다. 이러한 상황에서 모두 공통적으로 나타나는 특성은 히스토그램 매칭율이 하락하는 것이다. 위 3가지 상황에 대응하기 위해 히스토그램 매칭율, Background Subtraction 정보 그리고 Optical Flow의 총 벡터 변화량을 사용한다. Figure 7과 같이 새로운 객체의 유입(충돌) 상황을 예로 보자.



Figure 6. Detected Object Location (Black Box) and Object Location with High Matching Rate (Above 10% of Matching Rate, Green Region)



Figure 7. An Example of Object Overlapping (Left) and the Corresponding Background Subtraction Result (Right)

Figure 7의 녹색 박스는 오른쪽의 Background Subtraction의 결과로 추정된 객체의 크기이다. 빨간색 박스는 지역 히스토그램 트래커가 찾아낸 객체 영역에 해당한다. 이와같이 새로운 객체가 충돌, 유입될 경우 히스토그램 매칭율이 떨어지면서 Background Subtraction로 추정한 객체 크기가 증가하는 형태를 띤다. 식 4의 두 사각형 크기의 비를 통해 충돌 여부를 판단하며 충돌되었다고 판단하면 다음 프레임의 객체 크기를 추정하는데 Background Subtraction 정보를 사용하지 않게 된다.

$$r = \frac{s(BGS)}{s(LH)} \quad (4)$$

여기서,  $BGS$ 는 Background Subtraction 결과로 추정된 위치,  $LH$ 는 Local Histogram 기반으로 추

정된 위치이다.  $s(BGS)$ 와  $s(LH)$ 는 추정된 위치의 면적을 의미한다. 만약 히스토그램 매칭율이 감소하면서  $r$ 의 값이 1.0 이상이 계속 나온다면 이는 객체가 겹쳐 BGS 추정 크기가 커진 것으로 판단한다.

객체는 각도에 따라 다양한 컬러 분포를 나타낼 수 있다. 만약  $t+1$ 번째로 확실히 추정되는 위치에 객체가 위치해 있는데 히스토그램 매칭율만 갑작스럽게 떨어진다면 이는 객체가 작은 움직임을 통해 보이는 각도가 변경된 것으로 볼 수 있다. 객체가 확실하게 추정 위치에 있다는 것을 확신하려면 새로운 객체의 유입이 없어야 하고 움직임 정보가 급변하지 않았어야 한다. 새로운 객체의 유입 여부를 판단하기 위해  $t-1$ 번째 객체 크기와 Background Subtraction 정보로 추정된 객체 크기의 비를 구한다. 또한 움직임을 정보는 Optical Flow에서 총 벡터의 변화량을 통해 구하며 두 값의 변화는 비율이 작았는데 매칭율이 떨어진다면 새롭게 히스토그램 정보를 생성하여 객체의 변경된 면에 대응하게 된다. 객체의 크기 변화가 존재하는지 유무는  $r$ 의 값의 분포가 0.9 ~ 1.0 인지 여부로 판단가능하며 옵티컬 플로우 변화 벡터량과 히스토그램 매칭율은 임계값을 기준으로 판단가능하다.

객체의 크기 변화는 객체를 추적하는데 있어 상당한 방해 요소로 작용한다. 객체의 크기가 프레임에 따라 변화한다고 가정하고 각 프레임 간 크기 변화율은 상당히 작은 것으로 간주한다. Background Subtraction의 결과로 추정되는 오브젝트 크기의 비가  $t-1$ 번째에 결정된 객체 크기에 비해 일정 비율로 크거나 작아지며 히스토그램 매칭율이 임계치 이상으로 높게 나온다면 Background Subtraction으로 추정되는 크기 변화를 객체에 반영한다. 이는 프레임 간  $r$ 의 변화가 선형적인지 확인하고 그 크기의 비율을 다음과 같은 선형 결합을 통해 최종 사이즈를 결정한다.

$$\begin{aligned} Obj_h &= \alpha * BGS_h + (1 - \alpha) * LH_h \quad (5) \\ Obj_w &= \alpha * BGS_w + (1 - \alpha) * LH_w \end{aligned}$$

$BGS_h$ ,  $BGS_w$ 는 Background Subtraction 결과로 추정된 높이, 너비 정보이고  $LH_h$ ,  $LH_w$ 는 지역 히스토그램 기반으로 추정된 정보이다.



Figure 8. Tracking Result for Objects with Scale Change. The Results of Proposed Approach ((a)-(d)) and CamShift ((e)-(h))

객체의 스케일 변화를 측정하는데는 Background Subtraction 정보가 중요하지만  $\alpha$  값을 너무 크게 줄 경우 잡음에 미쳐 대응하지 못하는 경우도 생기게 된다.

#### 4. 실험

제안된 배경 및 로컬 히스토그램 기반의 객체 추적 기법의 성능검증을 위한 실험결과에 대해서 기술한다. 제안된 기법은 사람과 자동차의 통행량이 모두 많은 이면도로의 고해상도 CCTV 녹화영상을



Figure 9. Vehicle Tracking Results of Proposed Approach (Left) and CamShift (Right)

이용하여 테스트 되었다. 자동차와 보행자에 의해 신규 객체의 유입, 객체간의 결합(충돌), 추적할 자동차의 크기 변화 테스트가 용이한 비디오를 선택하여 진행하였다. 영상의 해상도는 640 x 480 이며 프레임 레이트는 30 frames/sec 이다. 테스트 환경은 Windows 7 과 마이크로소프트 비주얼스튜디오 2008 상에서 C++와 Open CV 2.0을 이용하여 진행하였다.

객체를 추적하는 선행 연구중 컬러 확률 기반 기법에서 그 성능이 좋은 것으로 알려진 CamShift 방법과 제안된 객체 트래커의 성능을 비교해 보았다. Figure 8은 객체의 크기변화가 발생하는 경우와 새로운 객체가 등장하는 경우에 추적 결과를 보여준다. 제안된 기법의 경우(Figure 8의 (a)-(d))에는 사람 추적중에 차량이 등장하고 사람의 움직이는 방향전환으로 새로운 컬러가 등장하는 경우에도 추적에 성공함을 보여준다. Figure 9는 크기가 변화하는 경우의 객체의 추적결과를 보여준다. Figure 9의 왼쪽의 경우 제안된 기법의 추적결과를 보여준다. Figure 9의 오른쪽의 경우는 CamShift 추적결과로 주변의 비슷한 컬러에 민감하게 반응하여 추적성능이 영향을 받음을 보여준다. 다양한 객체에 대한

제안된 기법의 정량적 추적 성능 비교 결과 Table 1에 나타나 있다. 제안하는 추적기는 CamShift와 비교하여 더욱 효과적인 추적 성능을 보여주는데 CamShift 추적기는 재 탐색 기능이 없어 변화가 심한 객체에 대해 약간의 움직임을 반영하지 못함을 알 수 있다. 알고리즘 개발과는 별개로 개발된 알고리즘의 하드웨어 구현을 위한 하드웨어 설계 연구도 함께 진행되었다. 개발된 객체 추적 알고리즘을 하드웨어로 구현하는 방법으로 Verilog-HDL을 이용하여 직접 코딩하는 방법과 하드웨어 설계를 지원하는 Matlab 등의 툴을 사용하여 설계를 진행하는 방법이 있을 수 있으나 매트랩을 이용한 하드웨어 코딩작업을 선택하여 진행중에 있다. 이를 통해, 하드웨어 코딩작업에 필요한 floating 포인트 데이터의 fixed 포인트 데이터 변환 문제, 스트리밍 영상으로 알고리즘을 처리해야 하는 문제, 하드웨어로 구현이 어려운 함수들을 단순화된 수식으로 바꾸어 구현해야하는 문제 등에 있어 HDL-코더를 이용하여 진행하고 있다. Matlab HDL-코더는 개발된 모델에 대해서 자동으로 Verilog-HDL 및 테스트벤치를 생성하고 소프트웨어로 구현된 모델과 하드웨어로 구현된 모델과의 동시 시뮬레이션을 지원하는 기능을 제공한다.

Table 1. The Comparison of Tracking Performances

Types of objects	Proposed approach (total frames)	CamShift approach (total frames)
Static objects	400	3
Objects with scale or color changes	627	68
Vehicle tracking	660	170

## 5. 결론

본 논문에서는 실시간 감시 시스템의 필수적인 요소 중 하나인 객체 추적 기법에 대해 기술하였다. 기존에 사용되던 Optical Flow, Color Histogram 기반 추적기들은 객체 충돌 상황, 새로운 특징 등장, 복잡한 배경에서 추적 실패, 지역 최대값에서 추적 실패 등 다양한 문제점을 가지고 있다. 제안된 알고리즘은 3가지 서로 다른 특징을 결합하여 객체

의 충돌 및 겹침, 객체 크기변화 등의 라이브 환경에서 비교적 강인한 추적이 가능하도록 설계 되었으며 다음과 같은 특징을 갖는다. 객체를 추적하던 도중에 생기는 새로운 정보 유입의 판단이 가능하고 그것이 다른 객체로부터 유입인지 추적하고 있던 객체로부터 파생된 것인지 여부를 확인하여 지능적으로 업데이트를 실시하는 것이 가능하다. 즉, 색, 조명의 변화에 강인한 Optical Flow의 추적된 특징 점의 검증 기법과 Optical Flow의 신뢰도를 확인할 수 있는 지역 히스토그램 기반의 검증, 이들 트래킹의 혼합 방법을 통해 외부 환경에서도 신뢰도 있는 추적이 가능하도록 제안되었다. 본 연구는 도로에서 발생하는 다양한 상황에 대응하여 운전자 및 보행자에게 안전정보를 제공하는 도로 상황인식 시스템 개발 연구의 일부로 추진되었으며 개발된 객체 추적 기법은 도로상황 인식 시스템의 개발을 위한 기본 컴포넌트로 활용될 것이다.

## References

- [1] Ali, A; Aggarwal, J. 2001, Segmentation and recognition of continuous human activity, Paper presented at the IEEE workshop on Detection and Recognition of Events in Video, July 28-35.
- [2] Bhattacharyya, A. 1943, On a measure of divergence between two statistical populations defined by probability distributions, Bulletin of the Calcutta Mathematical Society, 35:99-109.
- [3] Feng, J. F; Zhu, G. Y; Liu, Z. H; Li, Y. 2009, Research of Vehicle Navigation Based Video-GIS, Journal of Spatial Information Society, 11(2):39-44.
- [4] Han, J. H. 2009, Video Surveillance and Analysis Algorithms: Technologies and Trends, Journal of the Korea Institute of Electronics Engineers, 36(10):18-29.
- [5] Haralick, R; Shanmugam, B; Dinstein, I. 1973, Textural features for image classification. IEEE trans. Syst. Man & Cyber., 33(3):610-622.
- [6] Horn, B.K.P; Schunck, B.G. 1981, Determining optical flow, Artificial Intelligence, 17:185-203.
- [7] Kullback, S; Burnham, K. P. 1987, Letter to the Editor: The Kullback - Leibler distance, The

- American Statistician 41(4):340-341.
- [8] Levina, E; Bickel, P. 2001, The Earth Mover's Distance is the Mallows Distance: Some Insights from Statistics, Paper presented at ICCV, July 251 - 256.
- [9] Lucas, B. D; Kanade, T. 1981, An iterative image registration technique with an application to stereo vision, Paper presented at the Imaging Understanding Workshop, April 121-130.
- [10] Ning, J; Zhang, L; Zhang, D; Wu, C. 2012, Robust mean-shift tracking with corrected background-weighted histogram, Computer Vision, IET, 6(1):62-69.
- [11] Oliver, N; Rosario, B; Pentland, A. 2000, A bayesian computer vision system for modeling human interactions. IEEE trans. on PAMI, 22(8):831-843.
- [12] Paragios, N; Deriche, R. 2002, Geodesic active regions and level set methods for supervised texture segmentation, International Journal of Computer Vision 46(3):223-247.
- [13] Stauffer, C; Grimson, W. 1999, Adaptive background mixture models for real-time tracking, Paper presented at CVPR, June 246-252.
- [14] Veenman, C; Reinders, M; Backer, E. 2001, Resolving motion correspondence for densely moving points, IEEE Trans. PAMI. 23(1):54-72.
- [15] Wren, C. R; Azarbayejani, A; Drarrell, T; Pentland, A. P. 1997, Pfunder; Realtime tracking of the human body, IEEE trans. on PAMI, 19(7):780-785.
- [16] Wu, Y; Cheng, J; Wang, J; Lu, H; Wang, J; Ling, H; Blasch, E; Bai, L. 2012, Real-Time Probabilistic Covariance Tracking With Efficient Model Update, IEEE Trans. Image Processing, 21(5):2824-2837.
- [17] Yilmaz, A; Li, X; Shah, M. 2004, Contour based object tracking with occlusion handling in video acquired using mobile cameras, IEEE Trans. PAMI, 26(11):1531-1536.
- [18] Yoon, C. L; Kim, H. C; Kim, K. O. 2009, 3-D GIS-based Real-time Video Visualization Technology, Journal of Spatial Information Society, 11(1):63-70.
- [19] Zhu, S; Yuille, A. 1996, Region competition: unifying snakes, region growing, and bayes/mdl for multiband image segmentation, IEEE Trans. PAMI. 18(9):884-900.
- [20] Zivkovic, Z; Heijden, F. 2006, Efficient adaptive density estimation per image pixel for the task of background subtraction, Pattern Recognition Letters, 27(7):773-780.
- [21] Zoidi, O; Tefas, A; Pitas, I. 2013, Visual Object Tracking Based on Local Steering Kernels and Color Histograms, IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 23(5):870-882.

---

논문접수 : 2013.05.01

수정일 : 2013.06.11

심사완료 : 2013.06.22