
이동 객체 좌표의 시간적 히스토그램 기반 행동패턴분석시스템

이재광* · 이규원**

*대전대학교

Behavior Pattern Analysis System based on Temporal Histogram of Moving Object Coordinates.

Jae-kwang Lee* · Kyu-won Lee**

*Daejeon University

E-mail : lljgg1234@nate.com

요 약

실시간으로 입력되는 영상으로부터 이동객체의 움직임 특징을 분석하는 시간적 히스토그램 기반의 행동패턴분석 알고리즘을 제안한다. 이동객체의 추적 및 분석을 위해 배경과 이동객체를 분리하는 배경학습을 행한다. 배경학습으로 추출된 이동객체는 무게중심 및 좌표연관성을 이용하여 객체를 식별한 후 객체별 추적을 행한다. 추적된 각 객체의 시작프레임, 종료프레임, 좌표정보, 크기정보를 연결리스트에 저장하여 관리한다. 시간적 히스토그램은 x, y좌표와 시간을 이용해 움직임 특징 패턴을 정의한 것으로 각 객체의 좌표정보와 비교하여 움직임특징 및 행동패턴을 파악한다. 시간적 히스토그램 기반 행동패턴분석시스템은 자체 수집한 데모영상에 대한 실험을 통해 초당 45-50 fps의 높은 처리속도를 유지하며 95%이상의 높은 추적율을 확인하였다.

ABSTRACT

This paper propose a temporal histogram -based behavior pattern analysis algorithm to analyze the movement features of moving objects from the image inputted in real-time. For the purpose of tracking and analysis of moving objects, it needs to be performed background learning which separated moving objects from the background. Moving object is extracted as a background learning after identifying the object by using the center of gravity and the coordinate correlation is performed by the object tracking. The start frame of each of the tracked object, the end frame, the coordinates information and size information are stored and managed by the linked list. Temporal histogram defines movement features pattern using x, y coordinates based on time axis, it compares each coordinates of objects for understanding its movement features and behavior pattern. Behavior pattern analysis system based on temporal histogram confirmed high tracking rate over 95% with sustaining high processing speed 45-50fps through the demo experiment.

키워드

배경학습, 객체식별, 패턴분석, 객체추적, Temporal histogram

I. 서 론

비디오 영상 시퀀스(video image sequence)에서의 자동 물체인식 및 추적 기술은 많은 감시 시스템 분야에서 응용되고 있으며 국내외에서 관련 기술의 개발이 증가하고 있다. 가장 많이 사용되는 응용분야중 하나는 비디오를 이용한 무인감시

시스템이다. 지하 주차장이나 은행 자동화 창구 등에서는 감시 카메라의 영상을 입력받아 경비인력 없이 외부 침입자를 식별하고 이동 방향을 연속적으로 계산하여 지속적으로 추적한다. 또 산업 현장, 공장 등에서는 방독면이나 안전보호구를 착용하지 않은 직원을 인지하고 가스 유출, 안전사고 등으로 쓰러진 직원을 인지하여 관리자에게

알려주어 안전예방을 한다. 이처럼 감시 시스템은 범죄나 안전사고의 증거자료로 쓰이는 것에 그치지 않고 방범 및 안전예방을 할 수 있는 지능형 감시 시스템으로 발전하고 있다.

영상 감시 시스템은 객체 분리(foreground segmentation), 객체 검출(object detection), 객체 추적(object detection), 객체 분석(object analysis), 행동 분석(behavior analysis) 등 컴퓨터 비전의 여러 핵심적인 주제들과 연관돼 있다. 이러한 각각의 영역에 연구들이 밀집되어 지능적으로 효율적인 감시 시스템을 구성한다.

영상 감시 시스템의 성능에 있어 핵심적인 요소 중 하나는 정확성이다. 실제 위험한 상황이 아닌 경우에 자주 경보를 발생시키거나, 위험한 상황을 간과한 시스템은 신뢰할 수 없다. 그러나 영상 감시 시스템이 스스로 여러 복잡한 상황에서 물체를 정확히 구분하고, 구분한 물체를 여러 상황에 맞도록 분석하는 것은 쉬운 문제가 아니다. 시스템의 신뢰도를 높이기 위해서는 복잡한 환경에서 물체를 정확히 검출해내는 단계의 정확도가 매우 중요하며 이는 전체 시스템의 정확도에 큰 영향을 끼친다[1].

본 논문에서는 실시간으로 입력되는 영상으로부터 배경학습을 통하여 이동객체를 검출한 후, 검출된 객체의 무게중심 및 좌표연관성을 이용하여 다중 객체 추적을 행하고 실시간으로 Temporal histogram과 비교하여 움직임 패턴을 분석하는 방법을 제안한다. 제2장에서는 글로벌 특징과 로컬 특징을 이용한 영상검색 알고리즘에 관한 연구를 설명하고, 제3장에서는 제안하는 시간적 히스토그램 기반 행동패턴분석 알고리즘에 대해 설명하며 제4장에서는 제안하는 방법에 대한 실험 및 결과 고찰을 기술하고 제5장에서는 결론 및 향후 연구를 제시한다.

II. 관련연구

일반적으로 이동객체에 기반을 두는 움직임 분석 시스템은 객체 검출 단계, 객체 추적 단계, 객체 분석단계로 분류할 수 있다. 또 분석된 정보를 통해 디스크립터를 생성하여 검색 시스템으로도 활용할 수 있다.

2.1 Color Correlogram

칼라 코렐로그램은 글로벌 특징을 이용하여 영상검색이 가능한 알고리즘이다. 영상전체에서 일정한 거리를 가지는 화소간에 나타나는 칼라의 분포를 확률로 나타낸다. 칼라 코렐로그램은 일정 거리에 있는 화소나 칼라 변화 정보를 포함하기 때문에 칼라와 에지정보를 포함 할 수 있다. 따라서 우수한 결과를 얻기 위해서는 다양한 거리에서 칼라 코렐로그램을 얻어야 한다.[2] 이때 전체적인 영상에 대하여 칼라 코렐로그램을 적용 시

계산 시간이 오래 걸릴 수 있다는 단점이 있다. 또한 계산된 양만큼의 데이터를 저장하기 때문에 데이터 관리에서 효율이 떨어진다.

2.2 글로벌&로컬 융합 디스크립터

글로벌&로컬 융합 디스크립터는 이동객체 검출 및 추적을 통하여 히스토리정보 디스크립터와 디스크립터 정보를 이용한다. 9개의 체크 영역과 이동 객체 중심좌표를 이용하여 디스크립터하고 검색환경에 맞도록 재구축하여 질의에 응답할 수 있도록 설계하였다.[3] 9개의 체크 영역 안에 들어온 객체의 정보, 객체의 시작과 종료 프레임 정보만을 가지고 질의 및 응답하여 속도가 매우 빠르다는 장점을 가지고 있으나 정확성이 부족하다.

III. 제안하는 시스템

본 논문에서 제안하는 시스템의 흐름도는 그림 1과 같다. 제안하는 시스템은 크게 3개의 처리부로 구성되어 있다.

첫 번째는 객체 탐지부로 입력 영상으로부터 배경학습을 통해 이동객체를 검출한다. 두 번째는 객체 추적부로 검출된 이동객체의 바운딩 박스의 중심 좌표를 이전 프레임과 현재 프레임의 연관성을 바탕으로 하나의 객체로 인지하고 한 객체당 하나의 연결리스트(Linked-List) 구조를 생성하여 추적을 유지하게 한다. 세 번째는 움직임 패턴 분석부로 이동객체의 추적이 끝나게 되면 시간과 x, y좌표 값을 이용하여 히스토그램 형태로 나타낸 후 움직임 패턴을 분석 후 모든 정보를 연결 리스트(Linked-List) 구조에 삽입하여 관리한다.

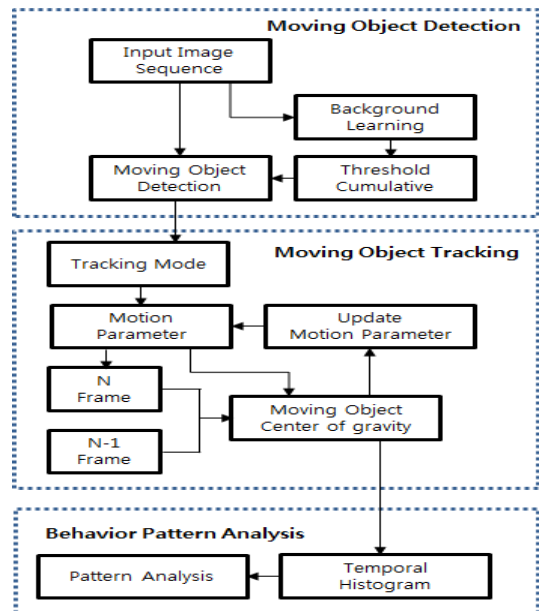


그림 1. 전체 시스템 구성도
Fig. 1 System Block Diagram

3.1 배경학습 및 이동객체 검출

배경학습은 입력되는 영상을 프레임단위로 일정 시간동안 누적하고 누적되는 영상에서 한 프레임과 다른 프레임간의 차이를 절댓값으로 구하여 이를 누적하면서 배경학습 모델을 구성한다[4]. 아래 (1)은 절댓값을 구하는 식이다.

$$h(x,y) = |f_t(x,y) - f_{t-1}(x,y)| \tag{1}$$

(1)에서 $h(x,y)$ 는 좌표 x, y 에 위치한 화소의 명도값 차이를 의미하고, $f_t(x,y)$ 는 현재 영상을 $f_{t-1}(x,y)$ 는 이전 영상을 의미한다. 누적된 영상들을 이용하여 배경에 대한 통계적 모델을 구한다. 통계적 모델은 각 픽셀에서 평균과 편차(평균 절댓값 차이)를 구하고 이를 이용하여 입력되는 영상에서 배경과 전경을 분리한다. 따라서 이동객체 검출은 배경학습 모델에서 얻어진 임계값(threshold)을 이용하여 객체가 출현 시 임계값이 존재하지 않는 픽셀로 간주 될 경우 그림 2와 같이 배경이 아닌 전경으로 인식되어 이동객체로 검출한다.

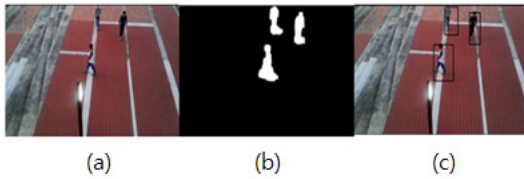


그림 2. 이동객체 검출
Fig. 2 Moving Object Detection

그림 2의 (a)는 입력되는 원본영상이며, (b)영상은 배경과 객체를 분리해 이진화한 영상이며, (c) 영상은 최종적으로 객체를 검출한 영상이다.

3.2 이동객체 추적

이동객체 추적은 검출된 이동객체를 기반으로 객체의 무게중심을 이용하여 추적한다. 무게중심 계산식은 (2)와 같이 구할 수 있다.

$$G = \left(\frac{x_1 + x_2 + x_3}{n}, \frac{y_1 + y_2 + y_3}{n} \right) \tag{2}$$

(2)는 검출된 객체의 x 값을 모두 더하고 y 값 또한 모두 더하여 검출된 픽셀 수만큼 나누어 구한다. 추출된 무게중심은 좌표의 연관성을 이용하여 신규 객체 또는 기존 객체 유무를 판별한다. 좌표 연관성은 N프레임에서 검출된 이동객체의 무게중심 좌표와 N-1프레임에서 검출된 무게중심 좌표의 거리를 계산하여 근접으로 이동한 좌표를 같은 객체로 판별하였다. 좌표 거리를 계산하는 식은 (3)과 같다.

$$\overline{XY} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \tag{3}$$

좌표평면 위의 두 점 $X(x_1, y_1), Y(x_2, y_2)$ 사이의 거리를 계산하여 기준을 정하고 짧은 거리로 이동한 객체를 동일 객체로 정의한다. 다만 짧은 거리에 잡음으로 생길 수 있는 예외 요소를 추적하지 않기 위하여 짧은 거리에 임계값을 정의하여 추적하지 않도록 한다. 그림 3은 이동객체를 추적하여 추적된 경로를 나타낸 그림이다.

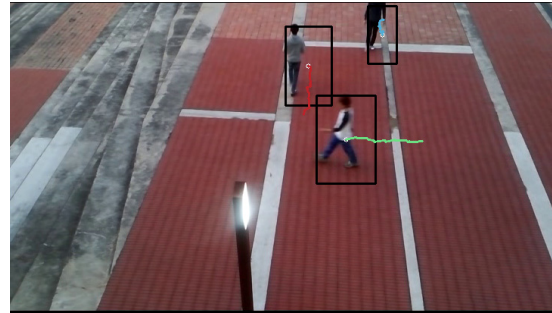


그림 3. 이동객체 추적
Fig. 3 Moving Object Tracking

3.3 움직임패턴 분석

움직임패턴 분석은 검출된 이동객체의 이동경로 궤적을 기반으로 객체의 x, y 좌표를 시간(t)의 변화에 따라 나타낼 수 있다. 아래 그림 4는 좌측에서 객체가 나타나 우로 이동하여 멈추어 있다가 좌로 이동하여 사라지는 것을 히스토그램으로 나타낸 것이다.

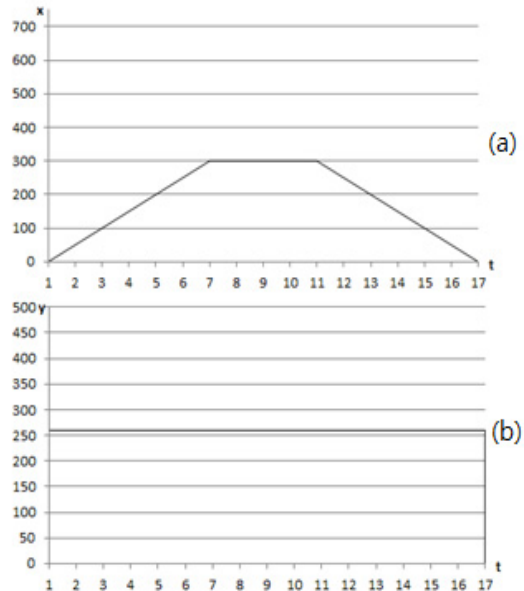


그림 4. 시간적 히스토그램
Fig. 4 Temporal Histogram

(a)는 x좌표와 시간(t)을 이용해 나타낸 히스토그램이다. 0초에서 7초까지 일정한 속도로 객체가 우로 이동하였고 7초에서 11초까지 멈춘 후 다시 왔던 경로로 돌아가는 것을 확인할 수 있다. (b)는 y좌표와 시간(t)을 이용해 나타낸 히스토그램으로 아래위로 움직임은 없는 것을 확인할 수 있다. 위 히스토그램을 통해 객체의 좌표정보와 시간에 따른 움직임방향 및 속도정보를 얻을 수 있다. 속도정보(A)를 계산하는 식은 (4)와 같다.

$$A = \left| \frac{x}{t+b} \right| \quad (4)$$

그림 4와 같이 객체가 일반적인 행동을 하는 반면에 배회 및 불안정한 행동을 하는 경우도 있을 수 있다. 아래 그림 5는 배회 및 불안정한 행동을 하는 경우에 나타나는 히스토그램이다.

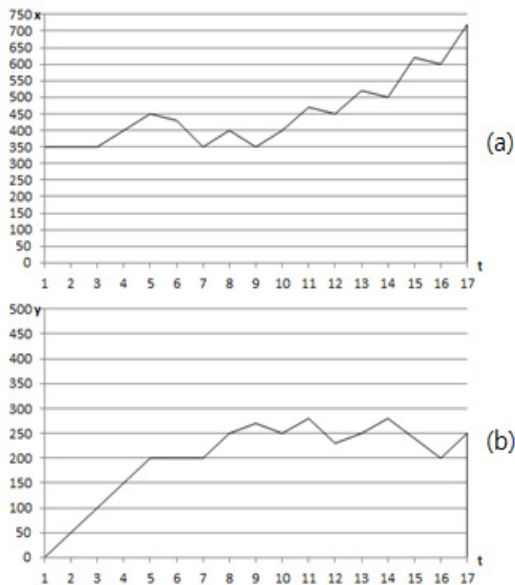


그림 5. 배회 및 불안정 행동
Fig. 5 Loitering & Instability Behavior

그림 5의 (a), (b)히스토그램에서 객체 출현과 동시에 아래방향으로 이동한다. 5초 이후 객체는 상하좌우로 불안정한 배회 후 우측중앙으로 사라지는 움직임정보를 볼 수 있다.

IV. 실험 및 결과고찰

실험에 사용된 영상은 실제 CCTV가 있는 장소에서 디지털 카메라로 동영상 촬영한 한 실영상이다. 실험은 객체 검출, 객체 추적, 시간적 히스토그램을 이용한 객체 행동패턴분석, 결과 출력 순으로 진행하였다. 사용된 이미지 해상도는

720x480이다. 그림 6은 실험에 사용된 영상을 보여준다.

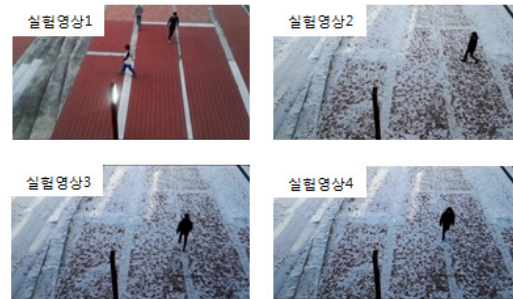


그림 6. 실험 영상
Fig. 6 Test Video

실험영상은 총 4개로 세 방향에서 걸어오는 객체를 분석하는 영상, 객체가 좌우로 왕복하는 영상, 객체가 상하로 왕복하는 영상, 객체가 일정 지역 배회 후 도주하는 영상으로 구성하였다.

그림 7은 실험영상-1 세 방향에서 걸어오는 객체를 분석하는 영상의 결과이다.

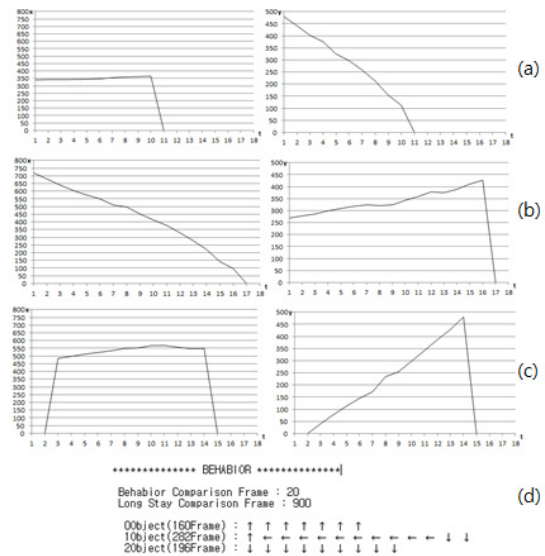


그림 7. 실험영상-1 분석 결과(3객체)
Fig. 7 Test Video-1 Analysis Result(3 Objects)

그림 7의 (a)는 6시 방향에서 나타나 12시 방향으로 사라지는 객체, (b)는 3시 방향에서 9시 방향으로, 그리고 (c)는 1시 방향에서 6시 방향으로 사라지는 객체의 히스토그램이며 추적 및 분석영상이 종료된 후 나타난다. (d)는 히스토그램 분석 종료 후 모든 객체의 움직임패턴정보를 출력한 내용이다.

다음 그림 8, 9, 10은 객체가 좌우로 왕복하는 영상, 객체가 상하로 왕복하는 영상, 객체가 일정 지역 배회 후 도주하는 영상의 결과이다.

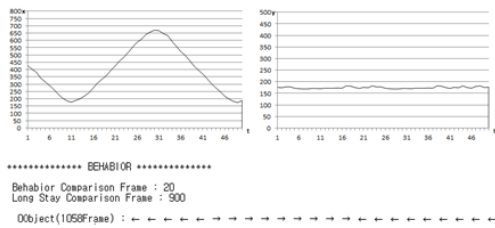


그림 8. 실험영상-2 분석 결과(좌우)
Fig. 8 Test Video-2 Analysis Result(Left&Right)

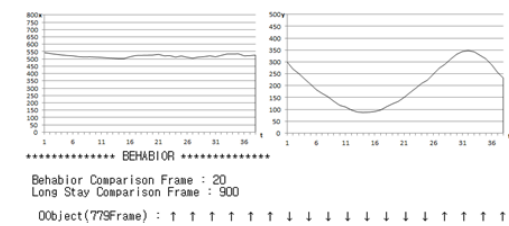


그림 9. 실험영상-3 분석 결과(상하)
Fig. 9 Test Video-3 Analysis Result(Up&Down)

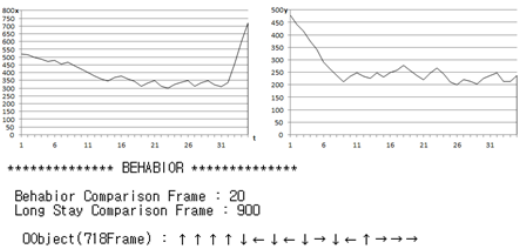


그림 10. 실험영상-4 분석 결과(배회 후 도주)
Fig. 10 Test Video-4 Analysis Result(Escape After Loitering)

표 1. 제안하는 시스템의 성능 분석
Table. 1 Perfomance Analysis

실험 영상	전체 프레임 수	탐지율 (%)	프레임처리속도 (FPS)
1	300	95.4	45.8
2	1058	98.9	49.7
3	779	96.2	50.4
4	718	95.1	48.2

표 1은 객체 추적 및 분석에 있어 가장 중요한 탐지율과 프레임처리속도를 이용하여 제안하는 시스템의 성능 분석을 한 결과이다. 탐지율은 전체 프레임에서 비정상탐지(negative detection)를 제외한 정상탐지(positive detection)된 프레임만을 비율로 나타낸 것이며 프레임처리속도는 총 프레임/초를 통해 나타낸 것이다.

실험 결과 정확한 배경학습과 이동객체의 추적 및 분석이 가능하다. 제안하는 시스템은 일반적인

로 CCTV와 마찬가지로 실험영상을 수집하기 위한 카메라의 위치가 보행자 보다 높은 위치에 있다는 것에 착안하여 시스템을 구축하였다. 많은 실험 영상을 통하여 실험하였고 720x480영상에서 45~50(fps)의 높은 프레임처리속도를 유지한다는 점에서 실시간으로 영상을 처리함에 있어 문제가 없다는 것을 확인할 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서 제안된 알고리즘은 이동객체 검출 및 추적을 통하여 시간적 히스토그램을 이용한 객체의 행동 패턴 분석 시스템이다. 이동객체의 무게중심좌표를 이용하여 추적하며 x, y좌표 및 t를 이용한 히스토그램으로 객체의 행동정보를 파악한 후 연결리스트(Linked-List) 구조에 삽입하여 정보를 관리한다. 제안된 알고리즘은 실험을 통하여 정확한 탐지율, 빠른 처리속도를 증명하였다. 향후 과제로는 본 알고리즘을 이용하여 행동패턴 및 좌표정보를 이용한 영상 검색 시스템으로까지 활용할 계획에 있다. 본 알고리즘은 지능형 영상 감시시스템에 부합되도록 설계하였기 때문에 CCTV, 백화점, 교육기관 등 이동객체의 추적, 분석 및 검색을 필요로 하는 시스템에 적용이 기대된다.

참고문헌

- [1] Wu-ju Lee, Bae-ho Lee, "Multiple Object Detection and Tracking System robust to various Environment," The Institute of Electronics and information Engineers, Vol. 46 No. 6 pp. 88-94, 2009.
- [2] Young-Eun An and Jong-An Park, "Color Correlogram using Combined RGB and HSV Color Spaces for Image Retrieval," Korea Instiute of Communications and Information Sciences, Vol 32 No.5 pp.513-519, 2007.
- [3] Byung-man Jung, Kyu-won Lee. "A Descriptor Design for the Video Retrieval Combining the Global Feature of an Image and the Local of a Moving Object," Korea Institute of Information and Communication Engineering, Vol. 18, No. 1, pp. 142-148, 2014.
- [4] Myoung-kwan Oh, Kun-hee Han, Dong-jin Choi and Byung-min Jun "Moving Object Tracking using Differential Image," Korea Contents Association Conference, Vol. 2, No. 1, pp. 396-400, 2004.