DBpia

논문 15-40-09-23 The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences '15-09 Vol.40 No.09
http://dx.doi.org/10.7840/kics.2015.40.9.1828

이종 알고리즘을 융합한 다중 이동객체 검출

허 성 남◆, 손 현 식*, 문 병 인°

Multiple Moving Object Detection Using Different Algorithms

Seong-Nam Heo◆, Hyeon-Sik Son*, Byungin Moon°

요 약

객체 추적 알고리즘들은 객체 인식 결과를 이용한 관심영역 설정을 통해 영상 전체에 대한 연산이 수행되는 것을 방지하여 연산량을 줄일 수 있다. 따라서 객체 인식 알고리즘의 정확한 객체 검출은 객체 추적에서 매우 중요한 과정이다. 고정된 카메라를 기반으로 하여 이동하는 객체를 검출 하는 방법으로 배경 차 알고리즘이 널리 사용되어왔고 많은 연구에 의해 배경 모델링 방법이 개선되면서 배경 차 알고리즘의 성능이 개선되었으나 여전히 정확하지 못한 배경 모델링에 의한 객체 오검출의 문제를 가진다. 이에 본 논문에서는 제스쳐 인식에 주로 사용되는 모션 히스토리 이미지 알고리즘을 배경 차 알고리즘과 융합하여 기존의 배경 차 알고리즘이 가지는 문제점을 극복할 수 있는 다중 이동객체 검출 알고리즘을 제안한다. 제안하는 알고리즘은 융합 과정 추가로 수행시간이 다소 길어지나 실시간성을 만족하며 기존의 배경 차 알고리즘에 비해 높은 정확도를 가짐을 실험을 통해 확인하였다.

Key Words : Image processing, Object detection, Background subtraction, Motion history Image

ABSTRACT

Object tracking algorithms can reduce computational cost by avoiding computation over the whole image through the selection of region of interests based on object detection. So, accurate object detection is an important task for object tracking. The background subtraction algorithm has been widely used in moving object detection using a stationary camera. However, it has the problem of object detection error due to incorrect background modeling, whereas the method of background modeling has been improved by many researches. This paper proposes a new moving object detection algorithm to overcome the drawback of the conventional background subtraction algorithm by combining the background subtraction algorithm with the motion history image algorithm that is usually used in gesture detection. Although the proposed algorithm demands more processing time because of time taken for combining two algorithms, it meet the real-time processing requirement. Moreover, experimental results show that it has higher accuracy compared with the previous two algorithms.

Ⅰ. 서 론

최근 정보산업 기술의 발전에 의한 고성능 컴퓨터의 보급에 따라 촬영된 영상이나 실시간 입력 영상에 대한 분석 및 처리에 대한 관심이 증대되었다. 이러한 관심의 증대는 기존의 움직임 기반 인식, 자동화 감시

※ 이 논문은 2013학년도 경북대학교 학술연구비에 의하여 연구되었음
※ 본 논문은 중소기업청의 기술개발사업을 통해 개발된 결과물임
◆ First Author : School of Electronics Engineering, Kyungpook National University, luck07770@ee.knu.ac.kr, 학생회원
° Corresponding Author : School of Electronics Engineering, Kyungpook National University, bihmoon@knu.ac.kr, 종신회원
* School of Electronics Engineering, Kyungpook National University, soc_shs1984@ee.knu.ac.kr
논문번호 : KICS2015-06-172, Received June 8, 2015; Revised August 18, 2015; Accepted August 18, 2015

www.dbpia.co.kr

시스템, 영상 분석, 인간과 컴퓨터의 상호작용, 교통량 집계, 운전자 및 항법 보조 등의 영상처리 분야를 아우르는 객체 인식 및 추적 분야가 활발히 연구되도록 만드는 계기가 되었다. 특히, 보안시스템이 사업체 또는 공공기관에 한정되어 있던 과거와는 달리 개인 사업자 또는 일반 가정에서의 보안시스템에 대한 관심이 날로 증가하고 있으며, 그로 인해 보안시스템 분야에서 객체 인식 및 추적의 신뢰성 요구는 더욱 증대되고 그 필요성이 부각되고 있다[1,2].

대부분의 객체 추적 알고리즘은 객체 인식 과정을 통해 관심영역(ROI, Region of Interest)을 지정하고 관심영역에 대해서만 객체 추적과 관련된 연산을 수행함으로써, 영상 전체에 대한 연산이 수행되는 것을 방지하고 객체 인식 및 추적에 필요한 연산량을 줄인다. 따라서 객체 추적의 수행을 위한 객체 인식의 과정은 연산의 효율성을 위한 매우 중요한 과정이라 할 수 있다.

다양한 객체 인식 방법들 중 배경 차 알고리즘(BGS, Background Subtraction)은 고정된 카메라로부터 입력받은 일련의 영상을 통해 이동하는 객체를 검출하는데 널리 사용된다. 입력 영상을 통해 배경을 모델링하고 현재 프레임과 모델링된 배경의 차이가 임계치를 벗어나는 움직임을 검출하여 전경으로 분리해내는 방식으로 객체를 인식하며 객체를 한정짓지 않고 움직임을 가지는 모든 객체들을 검출해 낼 수 있다는 장점을 지닌다. 그러나 복잡한 환경에 의해 배경 모델링이 제대로 이루어지지 않았을 때에 객체를 올바르게 검출하지 못하고, 관심 객체가 오랜 시간동안 움직이지 않을 시 객체를 검출해내지 못하는 단점을 가지고 있다[3].

배경 차 알고리즘을 통한 객체 인식의 개선을 위해 현재까지 다양한 연구들이 이루어져 왔다[4-8]. 참고문헌 [4]에서는 각 픽셀 위치에서의 독립적인 배경 모델링을 제안했다. 이 모델링은 픽셀 값에 가우시안 확률밀도 함수를 이상적으로 적용하는 방법으로 전경의 출현에 너무 지나친 갱신을 수행하는 문제점을 가진다. 참고문헌 [5]에서는 참고문헌 [4]의 알고리즘이 가지는 문제점을 해결하기 위해 수정된 모델링 갱신방법을 제안했다. 이 방법은 이진 매개변수를 추가하여 지나친 배경갱신을 조절하며 선택적 배경 갱신이라는 이름으로 알려져 있다. 참고문헌 [4]의 방법보다 더 나은 성능을 보이는 시간적 평균치 형태의 다른 방법들 또한 다양하게 논의되어왔다[6,7]. 그 중 참고문헌 [7]에서는 영상의 프레임들이 한 인수에 의해 원본 프레임에서 부 표본화 되더라도 그 평균치가 충분한 배경모델링을 제공한다고 주장하였으며, 부 표본화된 영상의 프레임들과 그에 따라 계산된 평균치를 포함하는 특수한 집합에서 전체 평균치를 계산하는 방법을 제안하였다. 이러한 평균치 기반 방법의 주된 문제점은 그것을 계산하는데 최근의 픽셀 값들이 필요하다는 점과 평균치 필터는 통계적으로 엄격하지 못하며 차분 임계치에 적용하기 위한 편차를 제공하지 않는다는 것이다[9].

배경 차 알고리즘을 적용할 때, 시간이 흐름에 따라 다른 배경들이 동일한 픽셀에 나타날 수 있다. 이러한 배경들의 출현이 배경의 영구적인 변화에 기인한다면 지금까지의 반영된 모든 모델링들이 즉각적으로 현재의 배경의 값을 반영하기 위해 적응적으로 변화할 것이다. 그러나 나무가 있는 배경, 눈이나 비가 내리는 배경, 바다나 호수에 물결이 이는 배경 등의 경우, 배경 객체들의 변화가 영구적이지 않거나 배경갱신 속도보다 빠르게 타나날 수 있다. 이러한 경우에 하나의 값으로 형성된 배경은 충분한 모델링이 되지 못한다. 이러한 문제점을 극복하기 위해 참고문헌 [8]에서는 다중 값을 가지는 배경 모델링을 제안했다. 참고문헌 [8]에서는 특정 시간에서의 실제 픽셀 값의 관측 확률을 3에서 5개의 혼합 가우시안 분포의 평균으로 기술한 후 배경 모델링을 수행하였다. 이 후 참고문헌 [8]의 이론은 많은 논문들을 통해 더욱 정교하고 탄탄한 이론적 기틀을 다지게 되었다[10]. 그러나 여전히 배경의 복잡함으로 인해 정확하지 못한 배경 모델링이 이루어 질 수 있다는 문제점을 가지고 있다.

일련의 영상에서 관심 객체의 인식과 더불어 그 객체가 어떠한 움직임을 보이는지에 대한 관심 또한 영상처리 분야에서 많은 연구가 이루어져 왔다. 그 중 모션 히스토리 이미지(MHI, Motion History Image) 알고리즘은 인접 프레임간의 차 영상들을 구하고 각각의 차 영상들에서 임계치를 넘는 값들을 이진화 한 뒤, 그 결과영상들을 특정한 시간 매개변수동안 겹쳐 나타내어 이동객체의 움직임을 추정하는 알고리즘으로 그 특성상 제스쳐 인식 분야에 주로 사용되어왔다[11]. 그러나 모션 히스토리 이미지 알고리즘은 제스쳐 인식 분야에 사용되는 알고리즘으로 객체 검출 알고리즘으로 사용할 시, 배경 차 알고리즘에 비해 상대적으로 짧은 시간동안의 객체의 정지에 있어서도 이동객체를 검출하지 못하는 단점이 있다.

본 논문에서는 가우시안 혼합 모델링을 통해 형성된 배경을 이용한 배경 차 알고리즘을 모션 히스토리 알고리즘과 융합하여 일련의 영상 속에서 이동객체 검출의 신뢰성을 높이는 방법을 제안한다. 본 논문의

www.dbpia.co.kr

(a) Background (b) Current frame (c) Foreground

그림 1. 배경 차 알고리즘의 적용 예
Fig. 1. Application example of background subtraction algorithm

2장에서는 두 알고리즘에 대해 소개하고, 3장에서는 객체 검출의 신뢰성을 높이기 위한 융합의 방법에 대해 설명한다. 4장에서는 배경 차 알고리즘, 모션 히스토리 이미지 알고리즘, 그리고 제안하는 알고리즘의 성능을 분석하고, 5장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

Ⅱ. 배경 차 및 모션 히스토리 이미지 알고리즘

배경 차 알고리즘은 일련의 영상으로부터 움직이는 객체를 검출하기 위해 널리 사용되는 방법이다. 그 중에서도 본 논문에서는 앞서 언급한 가우시안 혼합 모델링[8]을 통해 형성된 배경을 이용한 배경 차 알고리즘을 사용하여 객체를 검출한다. 배경 차 알고리즘의 수식은 아래와 같다.

$$D_t(x,y)=\begin{cases}1, & if\ |X_t(x,y)-B(x,y)|>T\\ 0 & otherwise\end{cases} \quad (1)$$

수식 (1)에서 $X_t(x,y)$는 시간 t에서의 픽셀 값을 나타내고 $B(x,y)$는 가우시안 혼합 모델링을 통해 형성된 배경의 픽셀 값을 나타낸다. 위의 수식을 통해 임계치 T를 벗어나는 움직임을 가지는 픽셀들을 필터링한 이진화 차 영상 $D_t(x,y)$를 생성할 수 있으며, 이를 통해 이동하는 객체를 검출한다. 그림 1은 이러한 배경 차 알고리즘의 적용 예를 보여준다.

모션 히스토리 이미지 알고리즘은 영상 내 공간과 시간상의 이동 객체의 동작 변화 정도를 검출하기 위해 현재 프레임과 이전 프레임의 차이를 사용한다. 그러나 모션 히스토리 이미지 알고리즘은 배경 차 알고리즘과 달리 배경 모델링이 필요 없어 상대적으로 연산량이 적고 수행시간이 빠른 장점을 지닌다. 모션 히스토리 이미지 알고리즘은 아래의 수식 (2)와 같이 정의된다.

$$H_\tau(x,y,t)=\begin{cases}\tau & \text{if } D_h(x,y,t)=1\\ \max(0,H_\tau(x,y,t-1)-1) & otherwise\end{cases} \quad (2)$$

수식 (2)에서 $H_\tau(x,y,t)$는 시간 t에서의 모션 히스토리를 나타내고 $D_h(x,y,t)$는 현재 프레임과 이전 프레임간의 이진 차 영상을 나타내며, τ는 움직임의 지속 기간을 나타내는 매개변수이다. 모션 히스토리를 표현함으로써 영상 내에서 객체의 동작 발생 위치, 진

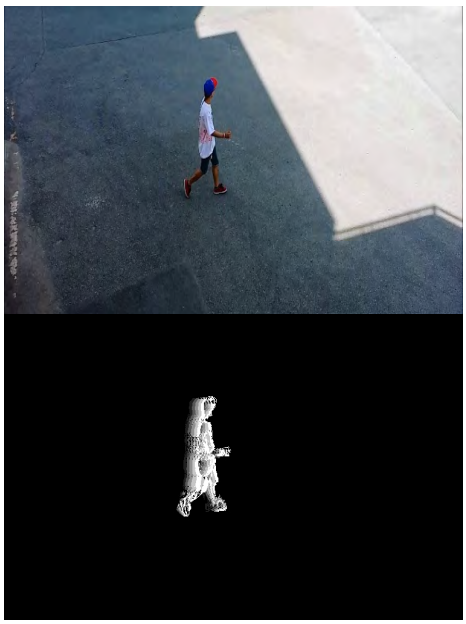

그림 2. 모션 히스토리 이미지 알고리즘의 적용 예
Fig. 2. Application example of motion history image algorithm

www.dbpia.co.kr

행 방향 및 움직임 지속 시간의 시공간적인 정보를 획득할 수 있게 된다. 모션 히스토리 알고리즘 통해 얻어진 객체의 시공간적인 정보획득의 예를 그림 2에 나타내었다.

Ⅲ. 제안하는 알고리즘

본 장에서는 그림 3과 같이 배경 차 알고리즘과 모션 히스토리 이미지 알고리즘을 융합한 알고리즘을 제안한다. 제안하는 알고리즘은 가우시안 혼합 모델링을 통해 형성된 배경을 이용한 배경 차 알고리즘이 가지는 단점을 모션 히스토리 영상 알고리즘과의 융합을 통해 보완하여 배경 모델링이 잘 이루어지지 않은 일련의 영상 속에서도 움직이는 객체를 검출하는 성능을 높이는데 그 목적이 있다. 제안하는 알고리즘은 입력받은 영상을 평균값 필터, 형태학적 필터 등의 전처리 과정을 통해 잡음을 제거하고 모션 히스토리 이미지 알고리즘과 배경 차 알고리즘을 수행하기 좋은 상태로 변환한다. 두 알고리즘을 각각 수행 후 나온 결과를 통해 외곽선 검출을 수행하고 검출된 외곽선을 둘러싸는 박스를 추출한다. 그 후 각 알고리즘의 결과로 생성되는 박스들을 거리관계, 포함관계에 의한 라벨링을 통해 융합하여 하나의 결과로 생성하며 융합된 결과는 신뢰도 높은 이동객체 검출 결과를 가지게 된다.

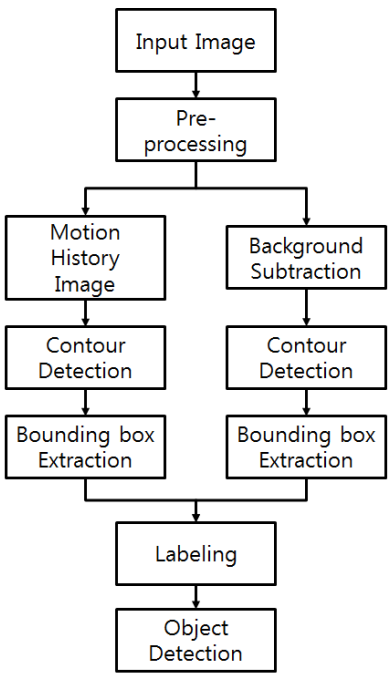

그림 3. 제안하는 알고리즘의 순서도
Fig. 3. Flowchart of the proposed algorithm

3.1 거리관계에 의한 라벨링

거리관계에 의한 라벨링은 그림 4와 같이 수행되며 동작에 대한 자세한 설명은 아래와 같다.

1) 배경 차 알고리즘과 모션 히스토리 이미지 알고리즘의 결과로 추출된 박스들이 생성된다. (그림 4-(a))
2) 생성된 전체 결과 박스들의 거리관계(참조박스와 다른 박스들과의 각 꼭지점 사이의 거리)를 조사한다. (그림 4-(b))
3) 조건에 해당하는(최소 거리가 임계치 이하인) 박스들에 대해 라벨링을 수행한다. (그림 4-(c))
4) 라벨링된 박스를 포함하는 전체 박스들의 거리관계를 다시 조사한다. (그림 4-(d))
5) 거리관계의 조건을 만족하는 박스들에 대한 라벨링을 수행한다. (그림 4-(e))
6) 거리관계의 조건을 만족하는 박스가 없을 때 까지 4), 5)를 반복한다. (그림 4-(f)와 그림 4-(g))

위와 같이 거리관계에 의한 라벨링을 통해 배경 차 알고리즘과 모션 히스토리 이미지 알고리즘의 결과를 융합함으로써 각 알고리즘이 검출에 실패한 부분들을 객체검출에 반영할 수 있게 되어 더 정확도 높은 객체검출을 수행할 수 있게 된다.

3.2 포함관계에 의한 라벨링

포함관계에 의한 라벨링은 그림 5와 같이 수행된다. 동작에 대한 자세한 설명은 아래와 같다.

1) 배경 차 알고리즘과 모션 히스토리 이미지 알고리즘의 결과로 추출된 박스들이 생성된다. (그림 5-(a))
2) 생성된 전체 결과 박스들의 포함관계(다른 박스가 참조박스에 포함되거나 붙어있는 경우)를 조사하고 조건에 해당하는 박스들에 대해 라벨링을 수행한다. (그림 5-(b))
3) 라벨링된 박스를 포함하는 전체 박스들의 포함관계를 다시 조사하여 포함관계에 있는 박스들에 대한 라벨링을 수행한다. (그림 5-(c))
4) 포함관계에 해당하는 박스가 없을 때 까지 3)을 반복한다. (그림 5-(d))

www.dbpia.co.kr

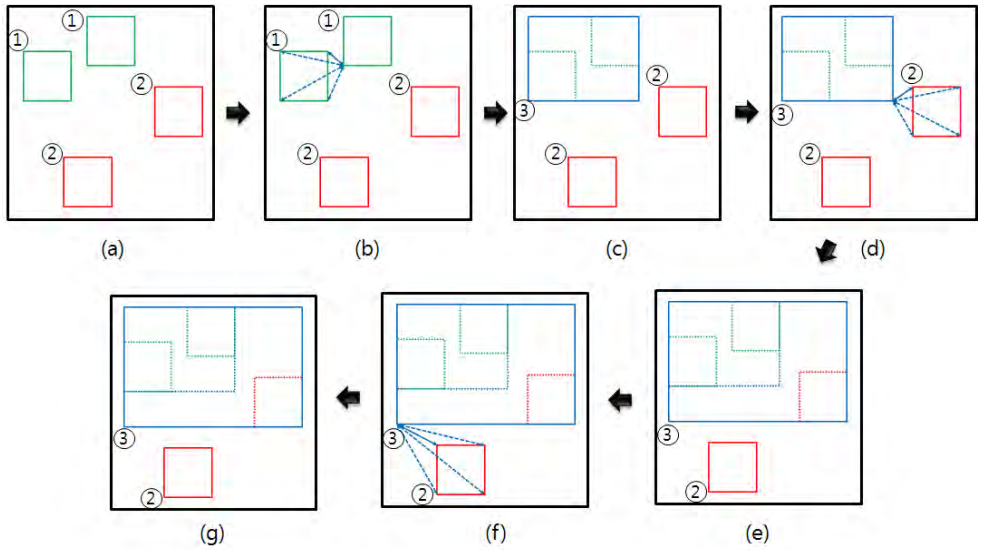

그림 4. 거리관계에 의한 라벨링 예시 (① 박스들은 배경 차 알고리즘의 결과 박스들이고, ② 박스들은 모션 히스토리 이미지 알고리즘의 결과 박스들이며, ③ 박스들은 제안된 거리관계에 의한 라벨링 결과 박스들임)
Fig. 4. Example of labeling by distance relation: ① boxes are the result boxes of background subtraction algorithm, ② boxes are the result boxes of motion history image algorithm, ③ boxes are the result boxes of the proposed distance relation algorithm

제안하는 알고리즘에서 각각의 알고리즘의 결과를 융합하는 두 라벨링의 수행은 그림 6의 순서도와 같이 수행되며 거리관계 및 포함관계에 의한 라벨링의 수행 시 각각의 조건만족 및 검사유무에 따른 플레그를 두어 라벨링의 중복수행을 방지한다. 그러나 두 조건 중 하나 이상의 조건이 만족되어 라벨링이 수행된다면, 조건 검사가 이루어진 박스들 중에서 라벨링된 결과 박스에 의해 두 가지 조건 중 하나 이상의 조건이 만족 될 수 있기 때문에 모든 박스의 검사유무 플레그는 리셋 시킨다.

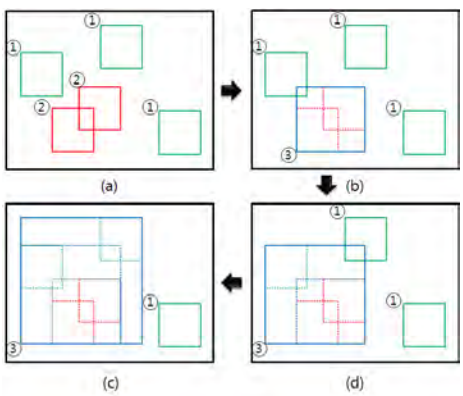

그림 5. 포함관계에 의한 라벨링 예시 (① 박스들은 배경 차 알고리즘의 결과 박스들이고, ② 박스들은 모션 히스토리 이미지 알고리즘의 결과 박스들이며, ③ 박스들은 제안된 포함관계에 의한 라벨링 결과 박스들임)
Fig. 5. Example of labeling by inclusion relation: ① boxes are the result boxes of background subtraction algorithm, ② boxes are the result boxes of motion history image algorithm, ③ boxes are the result boxes of the proposed inclusion relation algorithm

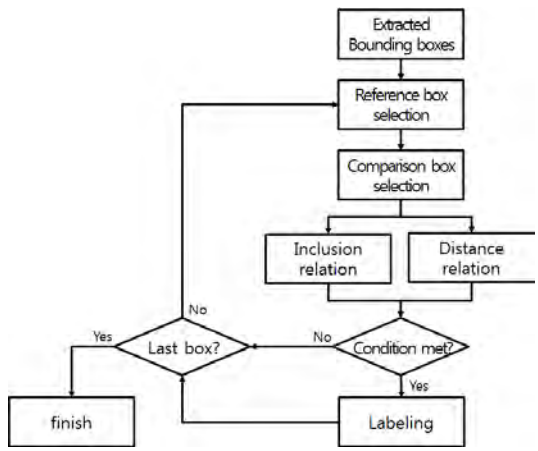

그림 6. 제안된 라벨링의 순서도
Fig. 6. Flowchart of the proposed labeling

www.dbpia.co.kr

Ⅳ. 성능 검증 및 분석

본 장에서는 제안하는 알고리즘이 기존의 두 객체 검출 알고리즘보다 검출 성능면에서 우수함을 증명하고 제안하는 알고리즘이 실시간성을 만족함을 증명한다. 먼저, 제안한 알고리즘의 검출 성능을 분석하기 위해 참고문헌 [8]의 가우시안 혼합 모델링을 통해 형성된 배경을 이용한 배경 차 알고리즘 및 참고문헌 [11]과 [12]에서 사용된 모션 히스토리 이미지 알고리즘과의 검출 성능을 비교한다.

제안하는 알고리즘, 배경 차 알고리즘, 그리고 모션 히스토리 이미지 알고리즘을 비교하기 위해 OpenCV 2.4.9 라이브러리를 이용하여 C/C++로 각 알고리즘들을 모델링 하였고, 객관적인 성능 평가를 위해 3.4 GHz Intel core i7-3770 CPU, 16 GB DDR3 RAM, Windows 7 운영체재를 가지는 동일한 PC에서 총 563개의 프레임을 가지며 3명의 객체가 각각 나타났다 사라지는 해상도 320×240의 실험 영상을 통해 정확도, 수행시간 및 초당 프레임 수를 측정하였다.

표 1은 기존 알고리즘들과 제안하는 알고리즘의 성능 분석을 나타낸다. 배경 차 알고리즘에 대해서는 실시간성 만족을 위해 배경형성 후 배경갱신을 수행하지 않았다. 표 1에서와 같이 제안하는 알고리즘이 기존의 알고리즘들 보다 정확도 면에서 우수하며 초당 프레임 수를 보면 실시간성을 만족하는 것을 알 수 있다. 제안하는 알고리즘이 기존의 알고리즘들을 융합하는 라벨링 과정에서 $O(n^2)$의 시간 복잡도를 가짐으로 인해 수행시간의 비교에 있어서 다소 느리나, 초당 프레임수가 실시간 동작 최소치인 15 fps를 넘어 실시간성을 만족한다.

또한 표 2는 실험 영상에 등장하는 객체 별 기존 연구들과 제안하는 알고리즘의 정확도의 비교이다. 실험 영상에서는 총 3명의 이동객체가 출현하며 첫 번째 객체는 25번째 프레임에서 나타나 462번째 프레임에서 사라지고, 두 번째 객체는 74번째 프레임에서 나타나 500번째 프레임에서 사라진다. 그리고 마지막 세 번째 객체는 65번째 프레임에 나타나 397번째 프레임에서 사라진다. 각 객체가 나타나는 프레임과 사라지는 프레임 사이에서 검출된 프레임과 검출에 실패한 프레임을 측정하여 정확도 비교를 수행하였다. 배경 모델링이 이루어지기 힘든 환경에서 실험영상을 촬영하여 가우시안 모델링을 통해 형성된 배경을 이용한 배경 차 알고리즘의 성능이 저조함을 표 1 및 2의 결과를 보아 알 수 있다. 모션 히스토리 이미지 알고리즘은 배경 차 알고리즘에 비해서는 우수한 정확도를 보이나 제안하는 알고리즘에 비해서는 상대적으로 정확도가 낮음을 알 수 있다.

제안하는 알고리즘의 정확도가 기존의 알고리즘에 비해 우수한 것은 그림 7의 예를 보면 알 수 있다. 배경 차 알고리즘의 결과에서 검출에 실패한 한 객체가

표 1. 기존 알고리즘들과 제안하는 알고리즘의 성능 비교
Table 1. Performance comparison between the proposed and conventional algorithms

	Accuracy(%)	Processing time(Sec)	Frame per sec(Fps)
Background subtraction (BGS)	44.53	19.44	28.96
Motion history image (MHI)	93.24	24.24	23.23
Proposed	97.62	33.44	16.84

표 2. 출현 객체 별 기존 연구들과 제안하는 알고리즘의 정확도 비교
Table 2. Accuracy comparison between the proposed and conventional algorithms for each of object

		Number of Detected frames	Number of Error frames	Accuracy (%)
BGS	Object 1	250	187	57.21
	Object 2	165	261	38.73
	Object 3	125	207	37.65
MHI	Object 1	409	28	93.59
	Object 2	417	9	97.89
	Object 3	293	39	88.25
Proposed	Object 1	417	20	95.42
	Object 2	424	2	99.53
	Object 3	325	7	97.89

www.dbpia.co.kr

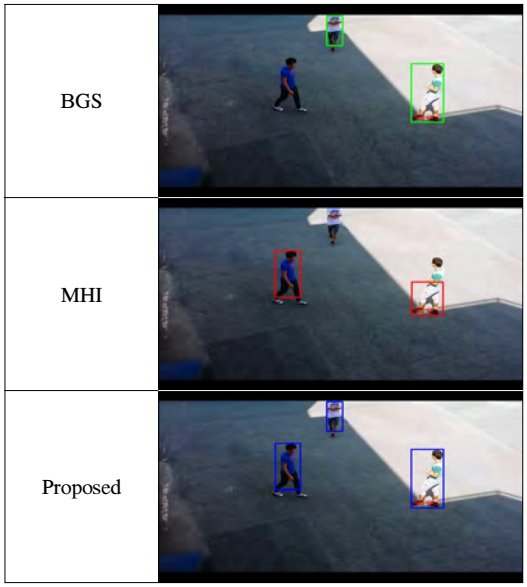

그림 7. 제안하는 알고리즘의 장점을 보여주는 예
Fig. 7. Example showing the advantage of the proposed algorithm

모션 히스토리 이미지 알고리즘에서는 검출 되었으며, 모션 히스토리 이미지 알고리즘에서 검출에 실패한 객체가 배경 차 알고리즘에서는 검출 되었다. 제안하는 알고리즘은 기존의 두 알고리즘의 융합을 통해 객체 검출을 수행하므로 세 객체 모두 검출에 성공 한 것을 볼 수 있다. 또한, 그림 8의 결과 영상 비교를 통해, 배경 차 알고리즘과 모션 히스토리 이미지 알고리즘의 융합에 의해 객체를 검출하는 제안하는 알고리즘의 정확도가 기존의 알고리즘보다 우수함을 알 수 있다.

V. 결 론

본 논문은 기존의 가우시안 혼합 모델링을 통해 형성된 배경을 이용한 배경 차 알고리즘과 제스쳐 인식 분야에 주로 사용되는 모션 히스토리 이미지 알고리즘을 거리관계 및 포함관계 라벨링을 통해 융합하여 실시간성을 만족하면서 높은 정확도를 가지는 다중 이동객체 검출 알고리즘을 제안하였다. 기존의 두 알고리즘을 융합하는 과정에서 $O(n^2)$의 시간 복잡도를 가지는 라벨링에 의해 제안하는 알고리즘의 수행시간이 다소 증가하였으나 초당 프레임수가 15 fps 이상으로 실시간성을 만족하였다. 또한 동일한 실험 환경에

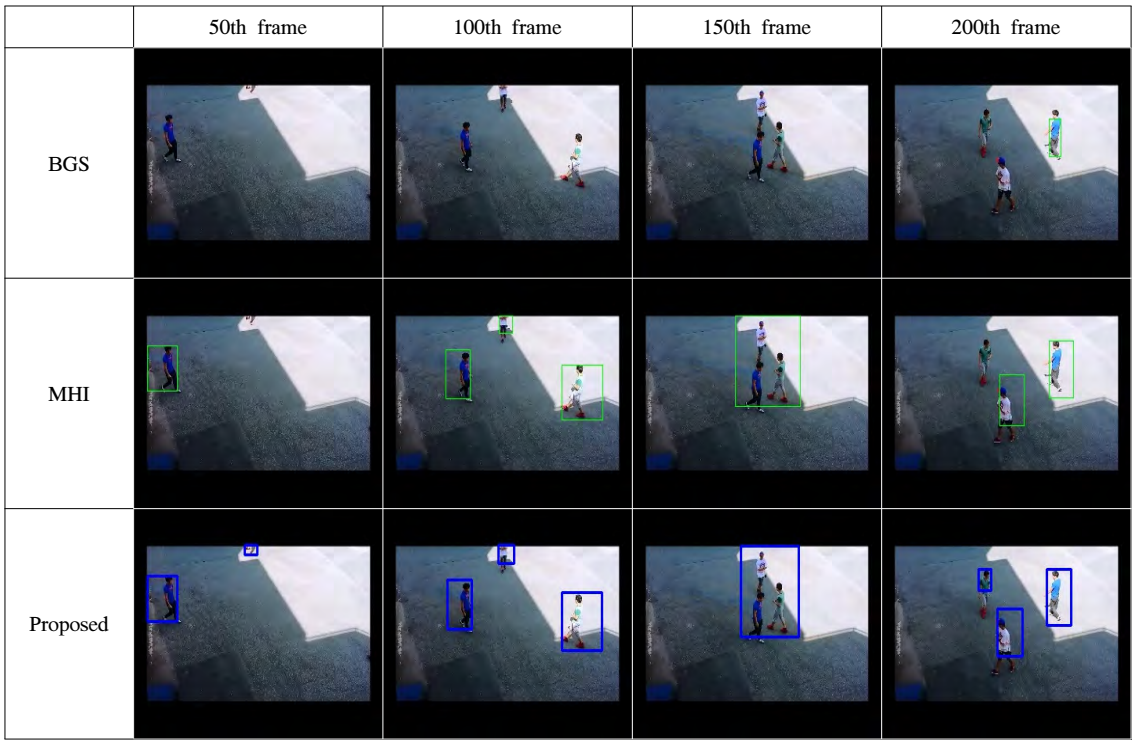

그림 8. 배경 차, 모션 히스토리 및 제안 알고리즘의 결과 영상 비교 예
Fig. 8. The Example of result image comparison of the BGS, MHI and proposed algorithms

www.dbpia.co.kr

서 기존의 알고리즘들과 제안하는 알고리즘의 성능을 분석한 결과 제안하는 알고리즘이 가장 높은 객체 검출 정확도를 가짐을 확인하였다.

References

[1] T. W. Jang and J. B. Kim, “Automatic CCTV control system based on ubiquitous computing,” *J. KICS*, vol. 37, no. 3, pp. 96-102, Jun. 2012.

[2] B. W. Chung, K. Y. Park, and S. Y. Hwang, “A fast and efficient Haar-like feature selection algorithm for object detection,” *J. KICS*, vol. 38, no. 6, pp. 486-491, Jun. 2013.

[3] T. W. Jang, Y. T. Shin, and J. B. Kim, “A study on the object extraction and tracking system for intelligent surveillance,” *J. KICS*, vol. 38, no. 7, pp. 589-595, Jul. 2013.

[4] C. R. Wren, A. Azarbayejani, T. Darrell, and A. P. Pentland, “Pfinder: real-time tracking of the human body,” *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, vol. 19, no. 7, pp. 780-785, Jul. 1997.

[5] D. Koller, J. Weber, T. Huang, J. Malik, G. Ogasawara, B. Rao, and S. Russell, “Towards robust automatic traffic scene analysis in real-time,” in *Proc. 12th IAPR Int. Conf. Pattern Recognition,* vol. 1, pp. 126-131, Jerusalem, Israel, Oct. 1994.

[6] B. P. L. Lo and S. A. Velastin, “Automatic congestion detection system for underground platforms,” in *Proc. 2001 Int. Symp. Intell. Multimedia, Video Speech Process.,* pp. 158-161, Hong Kong, May 2001.

[7] R. Cucchiara, C. Grana, M. Piccardi, and A. Prati, “Detecting moving objects, ghosts, and shadows in video streams,” *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.,* vol. 25, no. 10, pp. 1337-1342, Oct. 2003.

[8] C. Stauffer and W. E. L. Grimson, “Adaptive background mixture models for real-time tracking,” in *Proc. IEEE Computer Soc. Conf. Computer Vision and Pattern Recognition,* vol. 2, pp. 246-252, Fort Collins, Colorado, Jun. 1999.

[9] P. Massimo, “Background subtraction techniques: A review,” in *Proc. IEEE Int. Conf. Systems, Man and Cybernetics,* vol. 4, pp. 3099-3104, The Hague, Netherlands, Oct. 2004.

[10] P. W. Power and J. A. Schoonees, “Understanding background mixture models for foreground segmentation,” in *Proc. 17th Int. Conf. Image Vision Comput. New Zealand*, pp. 267-271, Auckland, New Zealand, Nov. 2002.

[11] A. F. Bobick and J. W. Davis, “The recognition of human movement using temporal templates,” *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.,* vol. 23, no. 3, pp. 257-267, Mar. 2011.

[12] G. R. Bradski and J. W. Davis, “Motion segmentation and pose recognition with motion history gradients,” *Machine Vision Appl.*, vol. 13, no. 3, pp. 174-184, Jul. 2002.

허 성 남 (Seong-Nam Heo)

2013년 2월 : 경북대학교 전자공학부 학사 졸업

2015년 2월 : 경북대학교 전자공학부 석사 졸업

<관심분야> SoC, 영상처리, 컴퓨터 구조

손 현 식 (Hyeon-Sik Son)

2010년 2월 : 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 학사 졸업

2012년 2월 : 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 석사 졸업

2012년~현재 : 경북대학교 전자공학부 박사과정

<관심분야> SoC, 임베디드 시스템, 영상처리

www.dbpia.co.kr

문 병 인 (Byungin Moon)

1995년 2월 : 연세대학교 전자공학과 학사 졸업
1997년 2월 : 연세대학교 전자공학과 석사 졸업
2002년 2월 : 연세대학교 전기전자공학과 박사 졸업
2002년~2004년 : 하이닉스 반도체 선임연구원
2004년~2005년 : 연세대학교 연구교수
2005년~현재 : 경북대학교 전자공학부 부교수
<관심분야> SoC, 디지털 VLSI, 컴퓨터 구조

www.dbpia.co.kr