

정보융합을 이용한 객체 추적

Object Tracking Using Information Fusion

이진형* · 조성원* · 김재민* · 정선태**

Jinhyung Lee, Seongwon, Jaemin Kim and Sun-Tae Chung

*홍익대학교 전기정보제어공학과

**송실대학교 정보통신전자공학부

요약

본 논문은 비정형 객체를 추적함에 있어서 다른 객체와 겹쳐진 후 계속 추적할 수 있는 방법으로 지역 정보와 객체의 모션 템플릿 그리고 색 정보를 계층적으로 사용하는 방안을 제안한다. 기본적으로 색 정보 기반의 CAMshift 알고리즘을 바탕으로 각 프레임마다 color template를 업데이트하여 현재의 객체와 template를 비교하고, 업데이트 된 color template를 바탕으로 색 분포를 사용하여 CAMshift 결과를 비교하여 추적하는 물체를 보다 정확하게 판별할 수 있도록 한다. 지역정보, 컬러 정보, 모션 템플릿 정보를 융합한 객체추적은 기존의 객체추적 방법의 장점을 모두 유지하면서 추적하는 객체를 보다 정확하게 인식할 수 있다. 이러한 성능 향상은 기존의 객체추적 시스템에 추가하기도 용이 할 뿐만 아니라 감시 시스템 및 객체 추적 시스템의 연구에서 정확성의 향상에 기여할 것으로 기대된다.

키워드 : 객체 추적, CAMshift, 모션 템플릿, 색 히스토그램, 영상 감시

Abstract

In this paper, we propose a new method for tracking objects continuously and successively based on fusion of region information, color information and motion template when multiple objects are occluded and splitted. For each frame, color template is updated and compared with the present object. The predicted region, dynamic template and color histogram are used to classify the objects. The vertical histogram of the silhouettes is analyzed to determine whether or not the foreground region contains multiple objects. The proposed method can recognize more correctly the objects to be tracked.

Key Words : Object Tracking, CAMshift, Motion Template, Color Histogram, Visual Surveillance

1. 서론

최근 일어난 여러 테러 사건들로 국내외적으로 사회 안전망 구축에 많은 관심이 고조되고 있어, 보안·감시시장이 급속하게 성장되고 있다. 이에 따라 영상을 효과적으로 처리하여 물체를 효율적으로 감시하는 영상 감시 시스템에 대한 연구가 활기를 띠고 있다. 그림 1은 이러한 영상 감시 시스템의 일반적인 구조를 보여준다[1][2].

영상 감시 시스템 중 객체를 추적함에 있어 배경영상에서 객체를 검출한 후 객체들 간의 겹침 현상 시 객체를 판별하지 못하거나 겹침 현상 후 객체를 놓치게 되어 새로운 객체로 오인하는 경우가 발생하게 된다면 객체 추적의 정확성이 떨어지게 된다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 색 정보 기반의 CAMshift 알고리즘과 motion template를 이용하여 객체를 정확히 판별 할 수 있게 하는 방법을 제안한다.

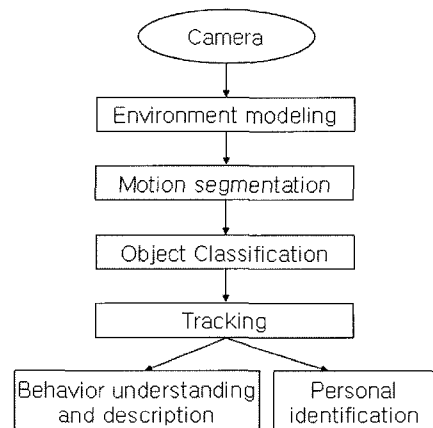


그림 1. 영상 감시 시스템의 일반적인 구조
Fig. 1. General structure of visual surveillance

2. 관련이론

2.1 객체의 지역기반 추적

배경에서 객체를 추출한 후 객체를 계속해서 추적하는

접수일자 : 2008년 2월 24일

완료일자 : 2008년 8월 5일

이 논문은 중소기업청 및 2007년도 홍익대학교 학술연구진흥비의 지원을 받아 수행된 연구임.

방법 중에 객체의 지역정보를 이용한 추적방법이 ADVISOR의 Reading People Tracker에서 사용된다[3]. 배경에서 객체를 추출할 때 잡음으로 인해 객체가 정확하게 추출되지 못하는 부분을 해결한다. 예를 들어 비슷한 픽셀 값의 배경과 객체가 겹치게 되거나 두 개 이상의 객체가 겹치면 실제 객체의 지역 정보는 정확하지 못하게 된다. 따라서 추적된 객체의 지역정보를 정확히 판단하기 위해 두 개의 지역을 융합하거나 하나의 지역을 나누는 방법을 사용한다. 지역정보를 이용하여 추적하는 과정에서 식(1)과 같은 지역 matching score의 방식으로 이전에 추적된 객체와 동일성의 여부를 파악한다.

$$\delta(r_1, r_2) = \alpha_1 \Delta_x + \alpha_2 \Delta_y + \alpha_3 \Delta_w + \alpha_4 \Delta_h \quad (1)$$

하지만 지역정보 기반 객체 추적의 문제는 그림 2에 나타난 것과 같이 추적되던 하나의 객체가 두 개 이상으로 나뉘는 경우와 두 개 이상의 객체가 하나로 뭉치게 되는 경우, 그리고 두 개 이상의 추적 되는 객체를 놓쳐 실제 추적하던 객체를 알 수 없게 되는 문제가 있다.

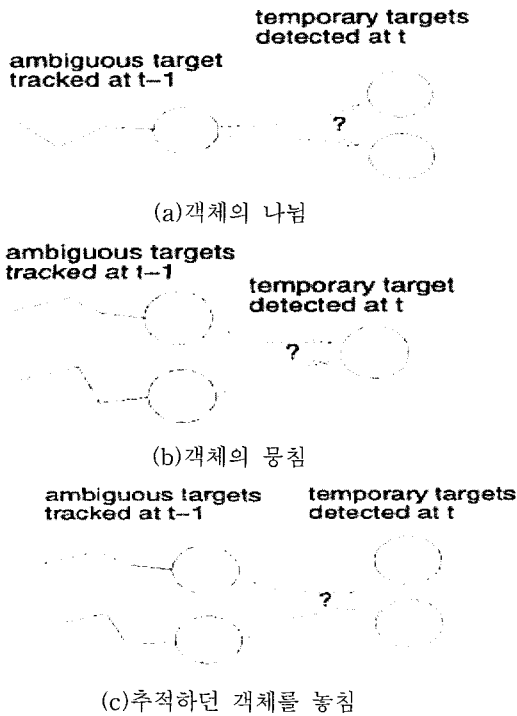


그림 2. 지역정보 기반 추적의 문제점

Fig. 2. Object tracking based on region information

2.2 객체의 모션 템플리트를 이용한 추적

추적되는 객체를 배경에서 추출한 후 형태와 객체의 픽셀 값을 이용하여 객체의 모션 템플리트를 형성한다[4][5]. 모션 템플리트를 사용하는 이유는 추적되는 객체가 다른 물체에 가려서 하나의 객체가 나뉘게 되는 경우에 템플리트를 근거리로 하여 추적할 수 있게 한다. 템플리트를 업데이트 하는 식(2)에서 Ψ 값은 템플리트의 값으로 그림 3(b)에 표현하였고, I 는 현재 입력객체의 각 픽셀의 밝기 값이다. 또한, 그림 3(c)에 표현된 w 는 템플리트에서 픽셀 값의 빈도로 가중치를 나타낸다.

$$\Psi^t(x, y) = \frac{I(x, y) + w^{t-1}(x, y) \times \Psi^{t-1}(x, y)}{w^{t-1}(x, y) + 1} \quad (2)$$

아래의 식(3)에서는 현재 입력객체와 템플리트간의 비용 함수로 객체를 판단하는 기준이다.

$$C(p, r) = \frac{\sum_{(x, y) \in S^r} |S^t(x, y) - \Psi^t(x, y)| \times w^t(x, y)}{\sum w^t(x, y)} \quad (3)$$

여기서 p 는 현재 입력객체이고 r 은 추적된 객체의 템플리트이다.

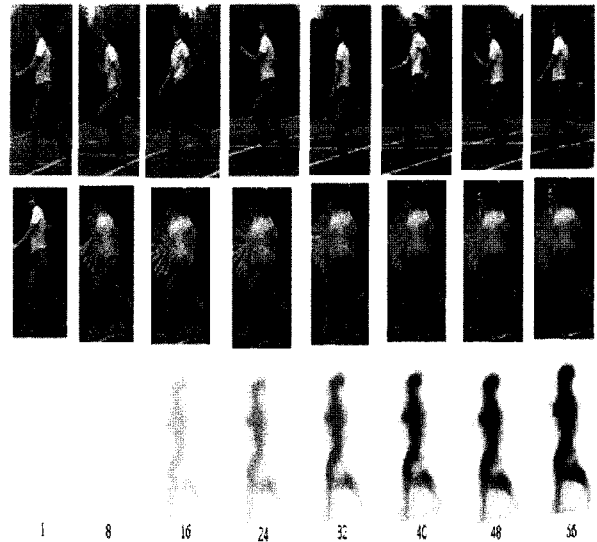


그림 3. 모션 템플리트 업데이트 영상

(a) 입력영상 (b) 모션 템플리트 업데이트 영상
(c) 업데이트 가중치 영상

Fig. 3. Updated image of motion template

2.3 색 정보를 이용한 추적

객체를 추적하는 방법 중에 색(Hue)정보를 바탕으로 추적하는 알고리즘인 CAMshift는 원하는 부분의 색 정보를 추출하여 계속되는 영상에서 색 정보를 비교하여 원하는 부분을 추적할 수 있도록 하는 알고리즘이다. Gary R. Bradski이 개발하여 openCV에 주어진 CAMshift[6]는 그림 4와 같은 방법으로 수행된다.

각 객체의 색 확률 값을 계산 하여 다수의 객체인 경우와 독립된 객체의 추적 시 객체의 추적근거로 확률을 사용한다[7]. 객체의 색 히스토그램의 확률과 업데이트의 방법은 다음과 같다.

$$P(x|i) = \frac{H_i(x)}{A_i} \quad (4)$$

$$P_{t+1}(x|i) = \alpha P_{t+1}(x|i) + (1-\alpha)P(x|i) \quad (5)$$

히스토그램을 통한 객체를 판별하는 과정은 식(6)을 통해 객체를 판별할 수 있다.

$$P(i|x) = \frac{P(x|i)P(i)}{\sum_{j \in G} A_j} \quad (6)$$

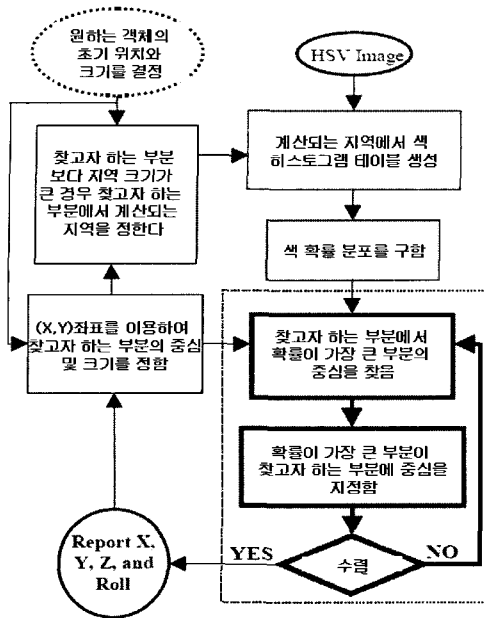


그림 4. 색 정보를 이용한 객체 추적
Fig. 4. Object tracking using color information

3. 지역 정보와 모션 템플릿 정보 및 색 정보를 융합한 객체 추적

2절에서 살펴본 여러 가지 방법의 객체 추적에는 문제점이 있다. 지역 정보를 이용한 객체 추적을 하는 경우에는 추적하는 두 개 이상의 객체가 겹치는 경우 하나의 물체로 오인하는 현상이 발생하고, 모션 템플릿만을 이용한다면 두 개 이상의 객체가 겹친 후 다시 나뉘지는 시간이 길어지면 기존의 모션 템플릿을 적용하더라도 정확한 객체를 찾지 못한다. 또한, 색 정보를 이용하는 경우 비슷한 색을 가진 객체일 경우 계속하여 정확한 추적이 불가능하다.

이와같은 문제를 해결하기 위해서 본 논문에서는 지역 정보와 객체의 모션 템플릿 그리고 색 정보를 계층적으로 사용하여 정확한 객체 추적이 가능할 수 있는 방안을 제안한다.

3.1 겹침 현상이 없을 경우 객체 추적

독립적인 객체가 겹침 없이 이동 할 경우에는 기본적으로 ADVISOR의 Reading People Tracker[3]에서 사용된 객체의 지역 정보만 사용하여 객체를 추적한다. 각 프레임에서 검출된 객체를 지역으로 설정하여 2장 1절의 방법과 같이 객체를 추적하는 것을 기본으로 한다. 찾아진 객체는 이전에 추적하던 객체의 지역 정보의 프레임 내의 위치와 속도를 통한 예측된 정보와 비교하여 추적 여부를 결정한다. 그림 7에서 시간 n-1의 프레임에 처음으로 나타난 객체는 undefined object로 설정된다. 하지만 기존에 추적하던 객체가 없기 때문에 n-1의 객체는 id를 1로 설정하여 객체 데이터베이스에 지역 정보를 저장한다. 그 다음 시간 n의 프레임에서 검출된 객체를 undefined object로 설정하여 데이터베이스에 있는 객체 1과 지역 정보를 식(7)의 비용함수를 통해 객체의 추적 여부를 결정하여 객체의 id를 동일하게 부여하여 객체의 추적을 계속한다.

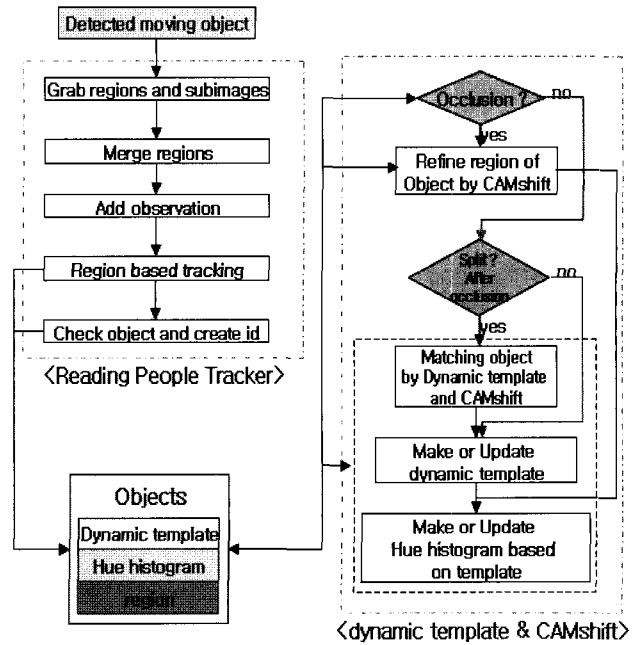


그림 5. 제안하는 방법인 정보융합을 이용한 객체 추적 알고리즘
Fig. 5. Proposed object tracking using information fusion

$$\delta(r_1, r_2) = \alpha_1 \Delta_x + \alpha_2 \Delta_y + \alpha_3 \Delta_w + \alpha_4 \Delta_h + p(r_1, r_2) \quad (7)$$

식(7)에서 식(1)과의 차이는 페널티 함수인 $p(r_1, r_2)$ 이다. 페널티 함수는 움직임이 없는 객체가 계층적으로 배경에 포함되기 전에 사용되는 것으로 정지한 사물이 있으면 비용함수가 높아지므로 움직이는 객체가 정지한 객체와 겹침 현상이 있더라도 정지한 객체의 지역 정보와는 일치하지 않게 한다. 그림 6은 지역 정보 기반 객체 추적 알고리즘이고, 그림 7은 지역 정보 기반 객체 추적의 예를 보여준다.

또한, 겹침 현상이 없을 때는 객체의 지역 정보 뿐만 아니라 색 정보 및 모션 템플릿 정보를 데이터베이스에 저장한다.

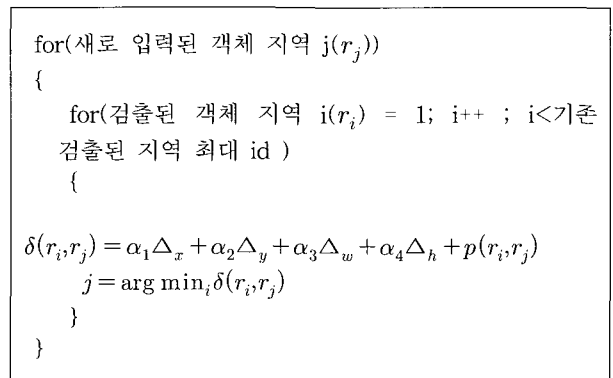


그림 6. 지역 정보 기반 객체 추적 알고리즘
Fig. 6. Object tracking algorithm based on region information

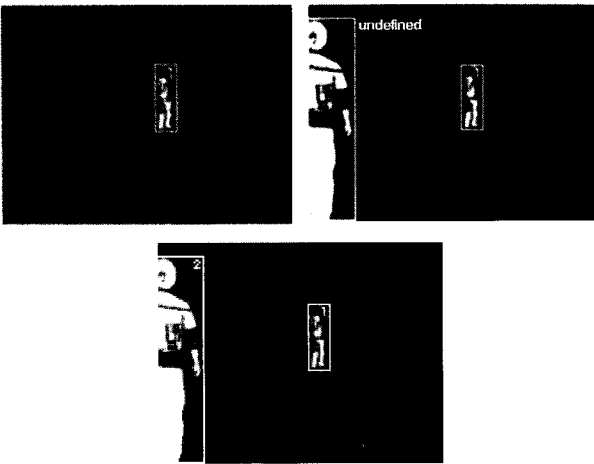


그림 7. 지역 정보 기반 객체 추적 예
Fig. 7. An example of object tracking based on region information

3.2 겹침 현상이 발생한 경우 객체 추적

객체간 겹침 현상이 발생하였을 경우에는 지역 정보를 기본적으로 이용하여 추적을 하지만 정확하게 추적할 수 없게 된다. Gary R. Bradski 의 CAMshift[6]방법으로 객체가 겹치기 전까지 업데이트 된 객체의 색 정보를 이용하여 객체를 추적하여야 한다. 겹쳐진 객체의 전체 지역을 검출하여 지역 내부에서 색 정보를 통해 식(6)을 이용하여 색 확률을 구한 후 확률이 가장 높은 점을 기준으로 하여 기존 추적 되던 객체의 지역정보를 이용하여 객체의 지역을 재정렬한다. 객체 간 겹침 있는 상황에서는 색 정보와 지역 정보로 객체를 추적한 후 객체의 모션 템플릿 정보만 업데이트 하지 않고, 추적 과정이 끝난 객체의 지역 정보와 색 정보를 업데이트 한다. 그림 8은 객체 간 겹침 현상이 발생하였을 때 객체 추적한 예를 나타낸 것으로 객체 각각의 색 정보인 HUE 히스토그램을 바탕으로 확률 값을 구하여 중심과 그 주변 범위를 녹색의 타원으로 나타내었다. 이를 바탕으로 undefined occlusion 영역을 기존에 추적하던 객체로 나타낸 결과로 보여준다.

2.3절 겹침 현상 후 나뉘었을 경우 객체 추적

객체 간 겹침 현상이 발생한 후 객체를 추적하기 위해서는 본 논문에서 소개된 ADVISOR의 Reading People Tracker의 지역 정보[3], Gary R. Bradski 의 CAMshift의 색 정보[6], Ismail Haritaoglu의 W4알고리즘의 모션 템플릿 정보[4]를 모두 이용한다. 겹침 현상 시 업데이트한 지역 정보를 이용하여 기본적으로 객체를 추적하고, 객체가 나뉘고 난 후 객체를 판단하기 위해서 겹침 현상 시 업데이트 한 색 정보와 겹침 현상이 발생하기 전까지 업데이트 된 모션 템플릿 정보를 이용한다. n-5 프레임부터 n 프레임까지 객체 간 겹침 현상이 있었다면 n 프레임까지 업데이트 된 색 정보를 이용하여 식(6)을 이용하여 객체를 판단한다. 하지만 추적하는 객체들의 확률 값이 비슷하여 지정한 범위 내의 경우 n-6 프레임까지 업데이트 된 모션 템플릿를 사용하여 현재 입력된 영상에서 추출된 객체와 중심을 맞춰 픽셀 값을 이용한 비용함수인 식(3)을 바탕으로 객체를 정확하게 추적한다. 객체 간 겹친 현상 후 나뉘었을 경우 임의의 프레임 수만큼 위의 과정을 수행하여 객체 추적의 정

확성을 높인다. 본 논문에서는 n+1 프레임에서 n+4 프레임 까지 3 프레임 동안 모든 정보가 융합된 추적 과정을 수행한다.

3 프레임 동안 추적이 끝난 후 객체의 색 정보와 모션 템플릿를 업데이트 하여 다음 객체 간 겹침 현상을 준비한다.

그림 9는 객체 간 겹침 현상 후 나뉘었을 경우 추적의 근거인 모션 템플릿 정보를 나타내었다.

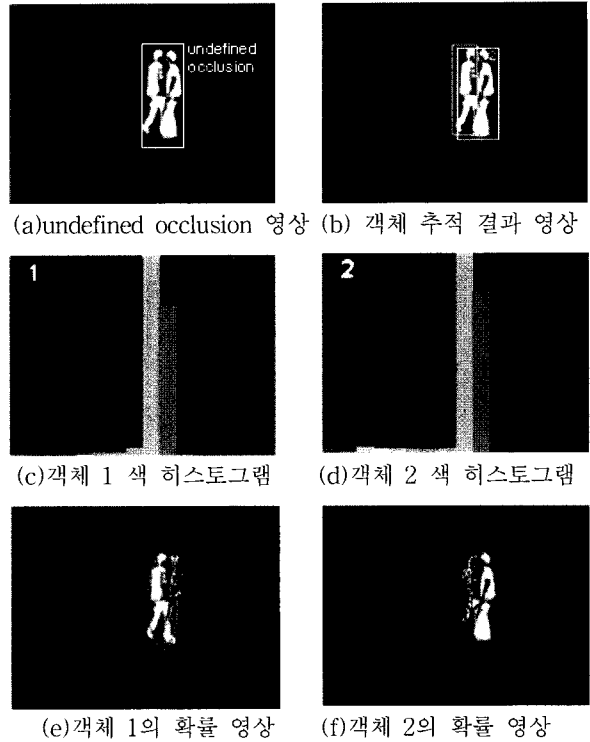


그림 8. 객체 간 겹침 현상이 발생하였을 경우 색 정보를 이용한 객체 추적

Fig. 8. Object tracking using color information

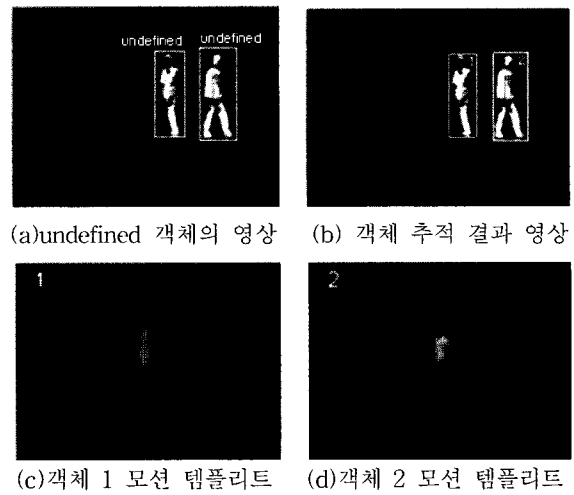


그림 9. 객체 간 겹침 현상 후 나뉘었을 경우 객체 추적
Fig. 9. Tracking of occluded and splitted objects

4. 시뮬레이션 및 결과 고찰

시뮬레이션은 동일한 영상을 바탕으로 지역정보를 이용한 객체 추적, 모션 템플릿 매칭을 이용한 객체 추적, 색 정보를 이용한 객체 추적과 제안하는 알고리즘을 바탕으로 하는 객체 추적을 비교하였다. 그림 10은 지역정보를 바탕으로 하는 객체추적의 결과이다. 객체간의 겹침이 발생하면 하나의 객체로 인식하고 겹침 후 두 객체가 나뉘지면 추적되던 1번 객체가 새로운 객체인 3번 객체로 되는 문제점과 위치와 방향성의 원인으로 2번 객체가 1번 객체로 되어버리는 문제점들이 발생한다. 그림 11은 모션 템플릿를 이용한 객체 추적의 결과이다. 겹쳐진 시간이 길어지므로 원래 추적하던 템플릿과 비교할 수 없게 되어 추적되던 객체 1이 새로운 객체 3으로 오인되는 문제가 발생한다. 그림 12는 색 정보를 이용한 객체 추적의 결과이다. 두 객체의 색(Hue)정보가 비슷하기 때문에 같은 객체로 오인하는 문제가 발생한다. 제안하는 알고리즘으로 시뮬레이션 한 결과는 그림 13에 나타나 있다. 겹치기 전에 추적하던 객체는 겹침 현상이 나타났을 때와 겹침 후 나뉘었을 때도 정확한 객체로 추적할 수 있는 것을 알 수 있다.

제안하는 알고리즘인 지역정보, 컬러 정보, 모션 템플릿 정보를 융합한 객체추적은 기존의 객체추적 방법의 장점을 모두 유지하면서 추적하는 객체를 보다 정확하게 인식할 수 있다. 이러한 성능 향상은 기존의 객체추적 시스템에 추가하기도 용이 할 뿐만 아니라 감시 시스템 및 객체 추적 시스템의 연구에서 정확성의 향상에 기여할 것으로 기대된다.

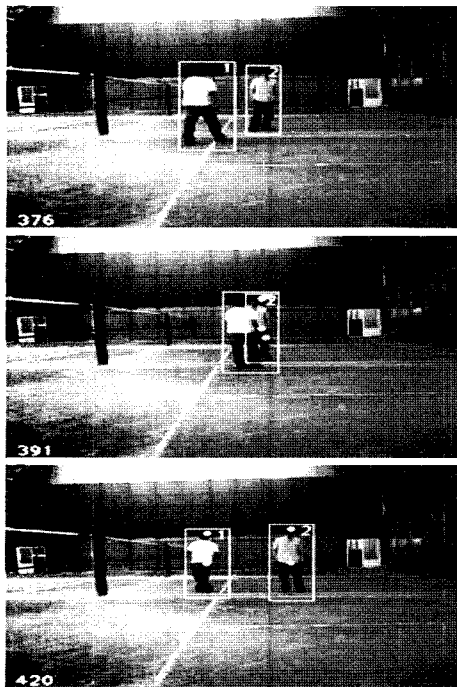


그림 10. 지역정보를 이용한 객체추적
Fig. 10 Object tracking using region information

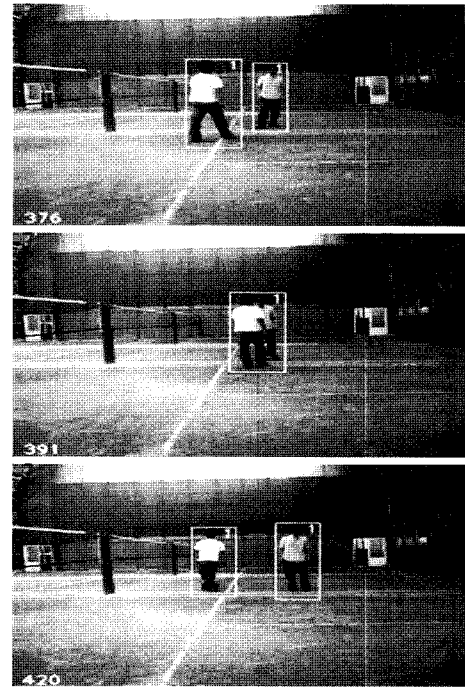


그림 11. 모션템플릿를 이용한 객체추적
Fig. 11. Object tracking using motion template

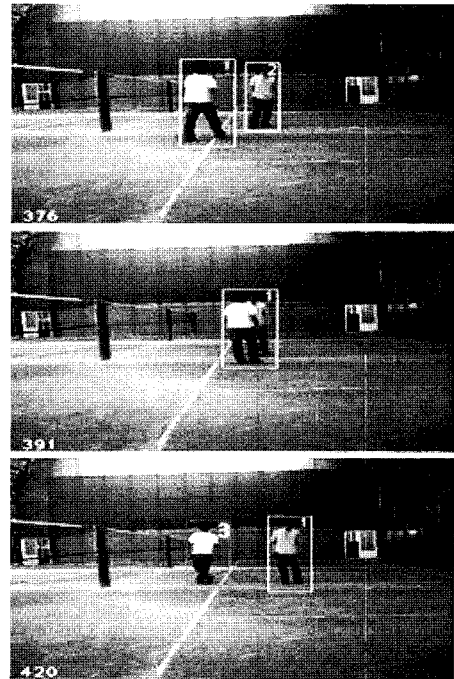


그림 12. 색 정보를 이용한 객체추적
Fig. 12. Object tracking using color information

Harry Wechsler, "Tracking Interacting People",
University of Dundee, 2000.

저 자 소 개

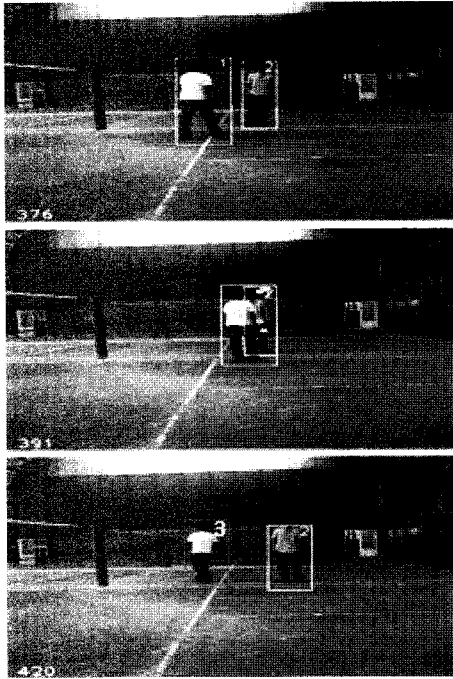


그림 13. 제안하는 알고리즘을 이용한 객체추적
Fig. 13. Object tracking using the proposed method



이진형(李辰炯)
2006년: 홍익대 전자전기공학부 졸업
2006년~: 홍익대 전기정보제어공학과 대학원

Phone : 02 - 320 - 1634
Fax : 02 - 320 - 1110
E-mail : pentera34@naver.com



조성원(趙成元)
1982년: 서울대 전기공학과 졸업.
1992년: Purdue Univ. 전기공학과 졸업 (공박)
현재: 홍익대 전자전기공학부 교수

Phone : 02 - 320 - 1493
Fax : 02 - 320 - 1110
E-mail : swcho@hongik.ac.kr



김재민(金載敏)
1984년: 서울대 전기공학과 졸업.
1994년: R. P. I. 전기공학과 졸업(공박).
현재: 홍익대 전자전기공학부 부교수

Phone : 02 - 320 - 1634
Fax : 02 - 320 - 1110
E-mail : jmkim@hongik.ac.kr



정선태(Sun-Tae Chung)
1983년: 서울대학교 전자공학과 학사
1990년: 미국 미시간대학교(앤아버) 전자 및 컴퓨터 석사
1990년: 동 대학원 전자 및 컴퓨터 박사
1991년~현재: 숭실대학교 정보통신전자공학부 교수

관심분야: 패턴 인식, 얼굴 인식
Phone : 02 - 820 - 0638
Fax : 02 - 820 - 7653
E-mail : cst@ssu.ac.kr

참 고 문 헌

- [1] Gian Luca Foresti, Christian Micheloni, Lauro Snidaro, Paolo Remagnino, and Tim Ellis "Active Video-Based Surveillance System", *IEEE Signal Processing Magazine*, pp. 25-37, March 2005.
- [2] Arun Hampapur, Lisa Brown, Jonathan Connell, Ahmet Ekin, Norman Haas, Max Lu, Hans Merkl, Sharath Pankanti, Andrew Senior, Chiao-Fe Shu, and Ying Li Tian "Smart Video Surveillance", *IEEE Signal Processing Magazine*, pp. 38-51, March 2005.
- [3] Nils T Siebel, "Design and Implementation of People Tracking Algorithms for Visual Surveillance Applications", *The University of Reading* 2003.
- [4] Ismail Haritaoglu, David Harwood, Larry S. Davis, W4: Who, When, Where, What: A Real Time System for Detecting and Tracking People", *Face and Gesture Recognition Workshop*, 1998.
- [5] Robert T. Collins, Alan J. Lipton, Takeo Kanade, Hironobu Fujiyoshi, David Duggins, Yanghai Tsin, David Tolliver, Nobuyoshi Enomoto, Osamu Hasegawa, Peter Burt and Lambert Wixson "A System for Video Surveillance and Monitoring", *Carnegie Mellon University*, 2000.
- [6] Gary R. Bradski, "Computer Vision Face Tracking For Use in a Perceptual User Interface", *Microcomputer Research Lab*, 2002.
- [7] Stephen J. McKenna, Sumer Jabri, Zoran Duric,