

차영상에서의 히스토그램을 이용한 적응적 임계값 결정

Decision of Adaptive Threshold Value Using Histogram in Differential Image

오명관*, 김태익**, 최동진***, 전병민****

해전대학 컴퓨터과*, 감사원 국가전략사업평가단**

충북대학교 컴퓨터공학과***, 충북대학교 전기전자컴퓨터공학부****

Myoung-Kwan Oh(mkoh@hyejeon.ac.kr)*, Tae-Ick Kim(tikim@bai.go.kr)**

Dong-Jin Choi(iamagoof@hanmail.net)***, Byoung-Min Jun(bmjun@cbucc.chungbuk.ac.kr)****

요약

이동 객체 추적 시스템을 위한 한 연구 분야로 차영상을 이용하여 움직임을 추정하는 기법이 있다. 움직임 추정을 위해 차영상을 이용하는 경우 임계값을 적용하여 배경 영역과 이동 객체 영역을 구분할 수 있도록 이진화를 수행하는 과정이 필수적이다. 본 논문에서는 차영상에서 배경과 객체의 특성 변화에 적응적인 임계값 결정 기법을 제안하였다. 제안 기법은 차영상의 히스토그램 모양을 분석하여 적절한 임계값을 결정하도록 하였다. 그레이 스케일 영상의 이진화에 사용되는 일반적인 임계값 기법들과 성능을 비교 평가하였다. 60개의 실험 영상에 대해 평가한 결과 제안 기법이 수작업으로 확인한 최적의 임계값과 평균 오차 2.8로 성능의 우수성을 확인하였다.

□ 중심어 : | 차영상 | 임계값 |

Abstract

Difference image scheme is widely used for motion estimation in moving object tracking system. This scheme contains a binarization step which segments image into background and moving object regions, referring to threshold value. In this paper, we propose a decision algorithm of tracking the threshold value with a differential image. The key idea is analyzing the histogram of the differential image. In addition we evaluate the performance of this method in comparison with conventional scheme. As an experimental result with 60 images, it is found that threshold by the proposed algorithm is very close to optimal threshold selected manually.

□ Keyword : | Differential Image | Threshold Value |

1. 서론

최근 컴퓨터 비전 분야에서 이동 객체의 실시간 추적

시스템에 대한 관심이 점차 높아지고 있다. 기존에 연구되어 온 이동 객체 추적 기법 중에 한 분야로 움직임 영역 검출에 의한 기법[1, 2]이 있는데, 이것은 영상 내

본 연구는 보건복지부 보건의료기술진흥사업 휴대형진단치료기기 개발센터의 지원에 의해 이루어진 것임

(과제번호 : 0405-ER01-0304-0001)

접수번호 : #040714-002

접수일자 : 2004년 7월 14일

심사완료일 : 2004년 9월 7일

교신저자 : 오명관, e-mail : mkoh@hyejeon.ac.kr

서 움직임 영역을 검출함으로써 이동 객체의 위치 정보를 얻는 방법이다. 따라서 객체의 크기나 모양의 변화에 덜 민감한 장점을 가지고 있다. 대표적인 방법으로 차영상(differential image)[1]을 이용한 기법이 있다. 차영상 기법은 시간적 간격을 두고 획득된 두 영상을 이용하여 배경 영역과 이동객체 영역을 구분하는 방법으로 알고리즘이 간단하여 실시간 구현이 가능하다는 장점을 제공한다.

차영상에서 움직임 정보를 얻기 위해서는 모든 화소에 대한 임계화를 통해 움직임 영역과 배경 영역으로 이진화하는 과정을 수행하여야 한다. 이러한 이진화에서 가장 중요한 것은 임계값을 결정하는 것이다. 임계값은 움직임 영역과 배경 영역을 구분해 주는 가장 기본적이고 중요한 기준이 되기 때문에 시스템의 성능에 큰 영향을 미치게 된다.

기존에 연구되어 온 임계값 결정 방법은 다음과 같은 것들이 있다. 우선 반복적인 실험에 의해 적절한 임계값을 얻는 방법[3, 4]이다. 이 방법은 단순히 임계값을 조정하면서 많은 반복 실험을 통해 배경과 객체를 가장 잘 구분할 수 있는 임계값을 결정하는 단순한 방법이다. 이 경우 배경이 변화한다거나 대상 객체가 변하는 경우 즉, 배경과 객체의 명도값 분포 특성이 변하는 경우에는 재실험을 통해 임계값을 다시 결정하여야 한다는 단점을 가지고 있다. 실제의 시스템에 활용하기 위해서는 배경과 객체의 변화에 적절히 대응할 수 있는 적응적인 임계값 결정이 이루어져야 환경 변화에 따른 성능 저하를 방지할 수 있다.

영상의 히스토그램을 이용하여 적응적인 임계값 결정 방법으로 Rosin[5]은 차영상의 명도값 분포를 정규 분포로 모델링하여 상위 $\alpha\%$ (신뢰도)에 해당되는 점을 임계값으로 결정하였다. 그레이 스케일 영상의 이진화에 사용되는 일반적인 임계값 결정 방법을 그대로 활용한 연구[6]도 있었으나 차영상이라는 특수성을 반영하지 못하는 단점으로 가지고 있다. 또한 IS(Iterative Selection) 기법[7]의 경우 비교적 단순한 계산식을 이용하는 장점은 있지만 반복적인 계산을 필요로 하며, ME (Minimum Error) 기법[8]과 Otsu[9]의 경우는 히스토그램의 표준편차와 분산 및 확률밀도함수를 이용

하는 기법을 제안하였는데 알고리즘이 복잡하다는 단점을 가지고 있다.

본 논문에서는 차영상을 이용하여 움직임을 추정하는 경우에 있어 차영상의 특수성을 반영하면서 히스토그램의 모양을 분석하는 비교적 단순한 알고리즘을 통해 임계값을 적응적으로 결정하는 기법을 제안하였다. 제안 기법은 단순히 차영상의 히스토그램 모양을 분석하여 배경과 객체의 명도값 분포 변화에 따라 적응적으로 임계값을 결정하도록 하였으며, 기존의 일반적인 기법들과 그 성능을 비교 평가하였다.

II. 제안한 임계값 결정 기법

1. 임계값에 따른 영향

차영상의 이진화에 있어 임계값은 객체와 배경을 구분해 주는 중요한 역할을 수행한다. 임계값이 너무 높게 결정되면 객체에 관한 정보를 잃어버리게 되고 너무 낮게 주어지면 배경의 일부분이 객체 영역으로 판단되는 오류를 갖게 된다. [그림 1]은 임계값(T_h)에 따른 이진 차영상 변화의 예를 보여주고 있다. (b)의 경우 임계값을 너무 낮게 주어 배경 부분도 움직임이 존재하는 객체 영역으로 판단되었으며, (c)의 경우는 임계값이 너무 높아 움직임 정보를 잃어버리게 되어 객체 영역이 너무 작게 표현되었다. (d)는 적절한 임계값에 의해 비교적 객체 영역을 잘 구분하고 있음을 알 수 있다.

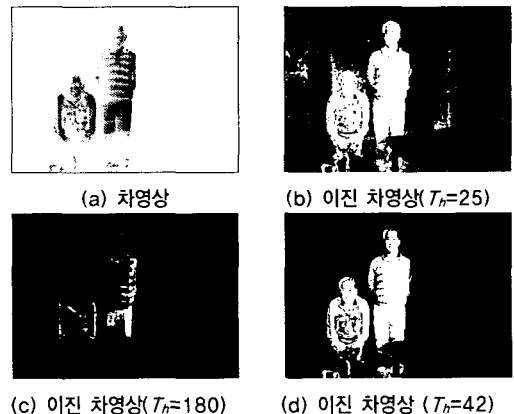


그림 1. 임계값에 따른 영향

2. 임계값 결정 기법

본 논문에서는 차영상의 히스토그램을 분석하여 배경 및 객체의 명도값 특성 변화에 따라 적응적으로 임계값을 결정하는 방법을 제안하였다. [그림 2]에서 볼 수 있듯이 차영상의 히스토그램 모양은 모두 유사한 형태를 취하게 된다.

이것은 차영상의 특성상 배경 영역의 명도값 차는 작고, 객체 영역의 명도값 차는 크기 때문이다. 또한 배경 영역이 객체 영역보다는 그 면적에 있어서 크게 분포되는 차영상의 특성을 반영하고 있는 것이다. 배경 영역과 객체 영역을 구분할 수 있는 경계 부근은 그림에서 알 수 있듯이 기울기가 급격하게 감소하는 특성을 갖는다.

차영상의 히스토그램 분포 특성을 이용하여 객체 영역과 배경 영역을 구분하는 임계값을 결정하기 위한 알고리즘은 [그림 3]과 같다. 우선 차영상 히스토그램에 대해 이동 평균 필터(MAF : Moving Average Filter)를 적용하여 변동이 심한 부분을 부드럽게 만든다. 이때 필터의 마스크 크기는 25로 하였다. 스무딩된 결과에 대해 인접 명도값에 대한 기울기를 계산한다. 기울기 값이 음수이고, 그 크기가 감소하는 구간에서 처음 만나는 임의의 작은 값 이하가 되는 지점을 선택한다. 본 논문에서는 임의의 작은 값을 20으로 하였다. 필터의 마스크 크기와 임의의 작은 값 20은 반복적인 실험을 통해 얻은 값이다.

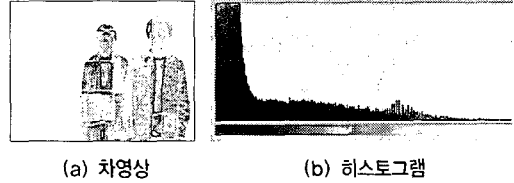


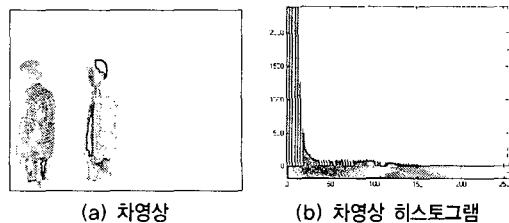
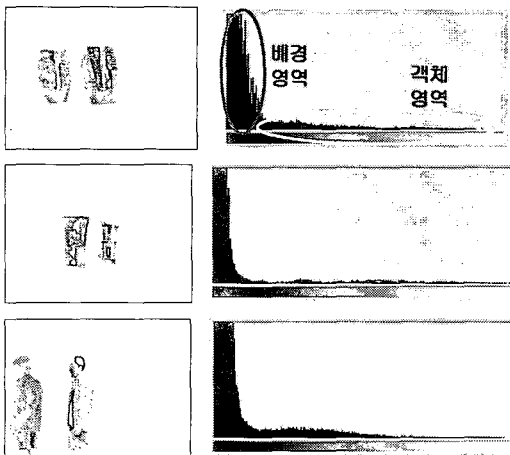
그림 2. 차영상들의 히스토그램 예

1. 차영상의 히스토그램을 구한다.
2. 히스토그램에 MAF를 취한다.
이 때, 필터의 마스크 크기는 25로 하였다.
3. 스무딩된 히스토그램에 대해 인접명도값에 대한 기울기 계산
4. 기울기 그래프에 대해 MAF를 취한다.
5. 명도값 0에서 명도값이 증가하는 방향으로 기울기 값 조사
 - i. 기울기 값이 음수이고, 그 크기가 20이하인 지점 선택
 - ii. 선택 지점의 이전 구간에 대해 기울기의 크기가 증가하는 구간인지 감소하는 구간인지를 조사
 - iii. 감소하는 구간이면 조사를 종료하고, 그렇지 않으면 5번 과정 반복
6. 선택된 지점의 명도값에서부터 가장 큰 명도값까지의 범위를 계산, 범위의 5%에 해당되는 값을 더하여 임계값을 결정

그림 3. 적응적 임계값 결정 알고리즘

또한 본 논문에서는 이 지점의 명도값에서부터 히스토그램에 존재하는 가장 큰 명도값까지의 범위를 구하고, 그 범위의 5%에 해당되는 값을 더하여 임계값을 결정하였다. 이것은 배경 영역이 객체 영역으로 포함되어 발생되는 오류를 최소화하기 위함이다.

[그림 4]는 제안된 적응적 임계값 결정 방법의 예를 단계적으로 보여주고 있다. 그림에서 (a)는 차영상이며, (b)는 (a)의 각 차영상에 대한 히스토그램을 나타낸다. (c)는 MAF를 적용한 결과이며, (d)는 기울기 값에 대한 그래프를 보여주고 있다. 기울기 그래프에 대해서도 다시 한번 MAF를 적용하여 그래프를 전체적으로 부드럽게 만든다. 이러한 기법을 이용하여 임계값을 결정함으로써 배경과 객체의 특성 변화에 적응적인 임계값을 얻을 수 있다.



(a) 차영상 (b) 차영상 히스토그램

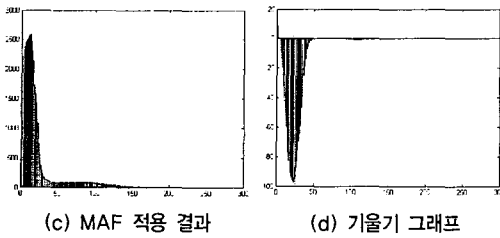


그림 4. 적응적 임계값 결정 예

III. 실험 및 성능 평가

본 논문에서 제안한 임계값 결정 방법과 그레이 스케일 영상의 이진화에 일반적으로 사용되는 기법들과의 성능을 비교 평가하였다. 비교 대상 기법은 적응적으로 임계값을 결정하는 일반적인 기법[8]중 평균치(mean value) 기법, ME기법, IS 기법을 사용하였다.

평균치 기법에서 임계값 T_{min} 은 식(1)에 의해 결정된다.

$$T_{min} = \frac{\sum_{x=0}^m \sum_{y=0}^n G(x, y)}{m \times n} \quad (1)$$

여기서, 영상의 크기는 $m \times n$ 이며, $G(x,y)$ 는 해당 화소의 명도값이다. ME 기법은 영상의 히스토그램에 대한 확률 밀도 함수를 이용하여 임계값을 적응적으로 결정하는 기법이다. 또한 IS 기법은 반복적인 계산을 통해 임계값을 결정하는 방법으로 k 번째 임계값은 식(2)에 의해 계산되며 $T_k = T_{k-1}$ 일 때 T_k 값이 적정 임계값으로 결정된다.

$$T_k = \frac{\sum_{i=0}^{T_{k-1}} i \cdot h[i]}{2 \sum_{i=0}^{T_{k-1}} h[i]} + \frac{j \cdot \sum_{j=T_{k-1}+1}^N j \cdot h[j]}{2 \sum_{j=T_{k-1}+1}^N h[j]} \quad (2)$$

임계값 결정에 대한 성능 평가 실험은 이상적인 임계

값을 수작업으로 확인하고 각 기법에 의해 결정된 임계값과의 오차를 비교함으로써 수행하였다. 기준이 되는 이상적인 임계값은 영상처리 소프트웨어인 Photoshop을 이용하여 수작업으로 확인하였다. 임계값 오차는 식(3)과 같다. 임계값 오차(T_{err})는 각 기법에 의해 결정된 임계값(T_h)과 수작업으로 확인한 이상적인 임계값(T_{id})과의 차를 의미한다. 따라서 오차가 음수인 경우는 임계값이 이상적인 값보다 낮게 결정된 것이며, 양수인 경우는 너무 높게 결정되었음을 의미한다.

$$T_{err} = T_h - T_{id} \quad (3)$$

실험에 사용된 영상은 연구실에서 획득한 영상으로 크기가 고정된 물체의 이동에 관한 20개의 영상과 사람의 이동에 관한 40개의 영상을 대상으로 하였다. [그림 5]와 [그림 6]에 실험 영상의 일부를 보여주고 있다. 그림에서 왼쪽 영상은 이전영상, 중앙에 있는 영상은 시간 간격을 두고 획득한 현재영상이며 우측 영상은 차영상이다. 차영상은 시각적 효과를 위해 반전하여 표현한 것이며 번호는 실험영상의 일련번호이다.

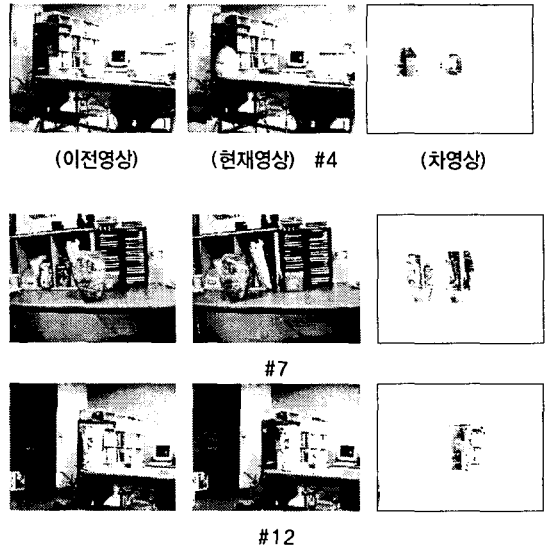


그림 5. 실험 영상 예(고정 물체 영상)

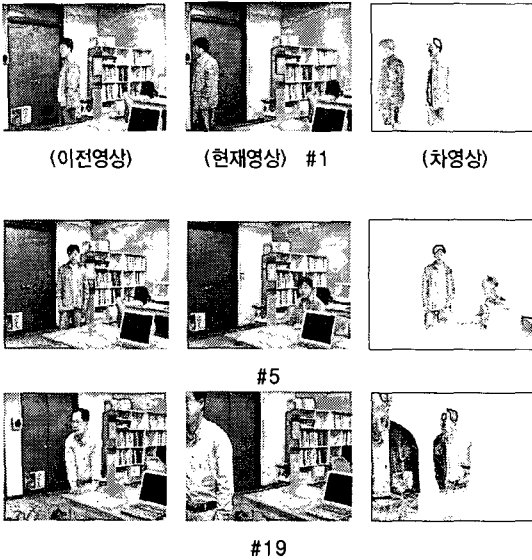


그림 6. 실험 영상 예(사람 영상)

각 기법별 실험 영상에 대한 실험 결과는 [그림 7], [그림 8], [그림 9], [그림 10]에 도식되어 있다. 수작업으로 확인한 이상적인 최적의 임계값과의 오차를 표현한 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 평균치 기법과 ME 기법을 차영상에 적용하였을 경우 임계값을 너무 낮게 결정하였으며, IS 기법의 경우는 너무 높게 결정하는 경향을 보였다. 반면에 제안 기법의 경우는 최적의 임계값과 큰 오차 없이 결정됨을 알 수 있다. 따라서 제안 기법이 차영상으로부터 배경과 객체를 구분해 주는 적절한 임계값을 결정하는 방법으로 그 성능이 우수함을 확인하였다.

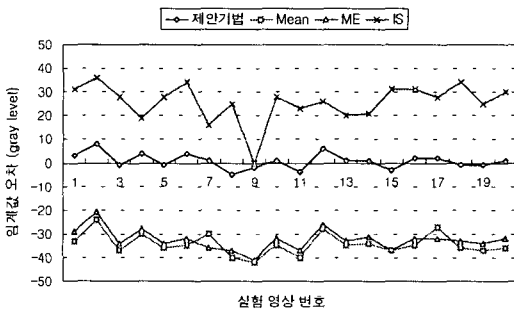


그림 7. 임계값 오차 비교(고정 물체 영상)

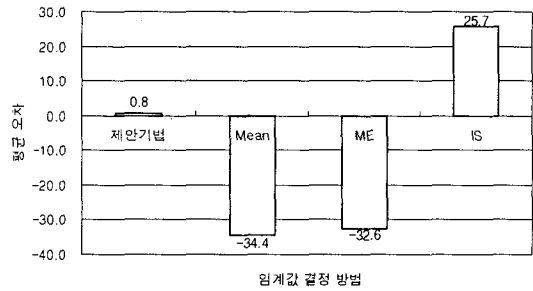


그림 8. 평균 임계값 오차(고정 물체 영상)

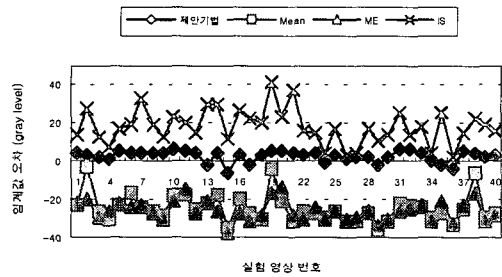


그림 9. 임계값 오차 비교(사람 영상)

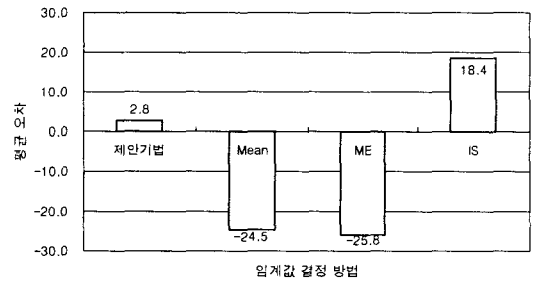


그림 10. 평균 임계값 오차(사람 영상)

[그림 11]과 [그림 12]는 각각 고정 물체 및 사람 이동 실험 영상에 대한 각 기법별 임계값 결정 결과 예를 보여주고 있다. 각 그림에서의 수치는 해당 기법에 의해 결정된 임계값을 의미한다. 평균치 기법과 ME 기법은 임계값을 너무 낮게 결정하여 배경 영역이 객체의 움직임 영역으로 평가되는 오류를 범하였다. 반면에 IS 기법의 경우는 너무 높게 결정하여 객체 영역에 대한 정보가 손실되어 객체의 움직임 정보 일부를 잃어버리게 됨을 알 수 있다.

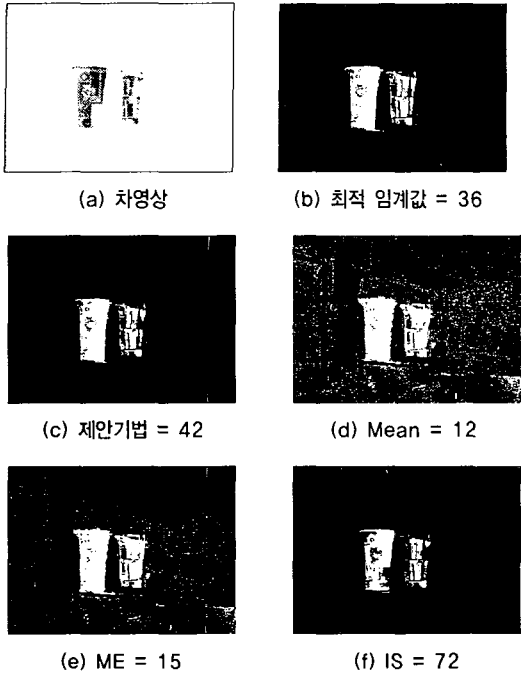


그림 11. 각 기법별 임계값 결정 예 (물체 이동)

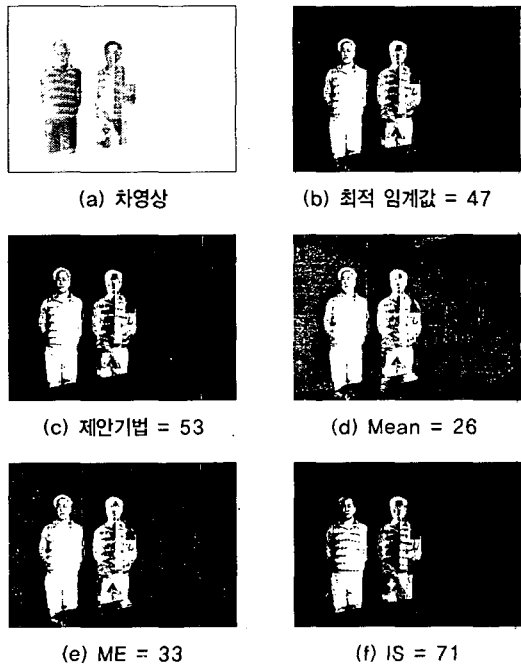


그림 12. 각 기법별 임계값 결정 예 (사람 이동)

IV. 결론

본 논문에서는 이동 객체 추적을 위한 움직임 추정 기법으로 차영상 기법을 이용함에 있어 배경과 객체의 변화에 적응적인 임계값을 결정하기 위한 알고리즘을 제안하였다. 알고리즘은 기본적으로 차영상의 히스토그램 모양을 분석함으로써 배경과 객체를 구분하는 임계값을 결정하도록 하였다.

제한한 임계값 결정 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 스케일 영상의 이진화에 활용되는 일반적인 임계값 결정 기법들과 제안 기법의 성능을 비교 평가하였다. 비교 평가를 위해 수작업으로 확인한 최적의 임계값과 각 기법에 의해 결정된 임계값과의 오차를 측정하였다. 실험 영상은 고정된 물체의 이동에 관한 20개의 차영상과 사람의 이동에 관한 40개의 차영상을 대상으로 하였다. 평가 실험 결과 제안 기법의 경우 사람이 이동하는 40개의 영상에 대해 최적의 임계값과의 평균 오차가 2.8, 고정 물체 영상에 대해 0.8의 근소한 오차를 보였다. 실험을 통해 제안한 임계값 결정 기법이 일반적인 방법들보다 이상적인 임계값에 근접하여 결정함을 알 수 있었고, 제안 기법의 우수성을 입증할 수 있었다.

본 논문에서는 임계값을 결정함에 있어 필터 마스크의 크기 등을 실험에 의해 얻은 고정된 임의의 상수값을 사용하였다. 향후 이 값 또한 차영상의 특성에 따라 결정될 수 있도록 하는 연구가 계속된다면 보다 다양한 분야에 차영상 기법이 활용될 수 있는 임계값 결정 알고리즘으로 발전될 것으로 판단된다.

참고 문헌

- [1] 오명관, 최동진, 전병민, "이동 객체 추적을 위한 움직임 영역 검출", 한국콘텐츠학회 추계학술대회 논문집, 제 1권 제 2호, 2003, pp.281-284.
- [2] 이진성, "움직임 벡터의 신뢰도에 기반한 이동 목표물 추적 기법", 한국과학기술원, 석사학위논문, 1999.
- [3] 양영수, "개선된 차영상 분석 기법을 이용한 움직임

임 검출”, 제주대학교 대학원, 석사학위논문, 2001.

[4] 박천주, 박희정, 이재협, 전병민, “움직임 검출의 캠 제어에 의한 웹기반 이동 객체 추적”, 한국콘텐츠학회논문지, 제 2권 제 2호, 2002, pp.17-26.

[5] Paul L. Rosin, “Thresholding for change Detection,” ICCV, 1998, pp.274-279.

[6] 설성욱, “동적 환경에서의 강인한 다중 물체 추적 알고리즘”, 부산대학교 대학원, 박사학위논문, 2003.

[7] Ridler, S. Calvard “Picture Thresholding Using an Iterative Selection Method,” IEEE Trans. on Systems Man, and Cybernetics, Vol. SMC-8, pp.630-632.

[8] J. R. Parker, “Algorithms for Image Processing and Computer Vision”, John Wiley & Sons, 1997, pp.116-128.

[9] Otsu, “A Threshold Selection Method from Gray-level Histograms”, IEEE Trans. on Systems Man. and Cybernetics, Vol. 9, pp.377-393.

김 태 익(Tae-Ick Kim)

정회원



- 1989년 2월 : 충북대학교 전자계산기공학과(공학사)
 - 1998년 2월 : 충북대학교 컴퓨터공학과(공학석사)
 - 2002년 6월 : 충북대학교 컴퓨터공학과(박사과정수료)
 - 1993년 1월~2002년 12월 : 한국건설기술연구원 선임연구원
 - 2003년 1월~현재 : 감사원 국가전략사업평가단
- <관심분야> : 영상처리, 컴퓨터비전

최 동 진(Dong-Jin Choi)

정회원



- 2003년 2월 : 충북대학교 컴퓨터공학과(공학사)
 - 2003년 3월~현재 : 충북대학교 컴퓨터공학과(석사과정)
- <관심분야> : 워터마킹, 컴퓨터비전

저 자 소 개

오 명 관(Myoung-Kwan Oh)

정회원



- 1990년 2월 : 충북대학교 전자계산기공학과(공학사)
 - 1993년 2월 : 충북대학교 컴퓨터공학과(공학석사)
 - 2004년 8월 : 충북대학교 컴퓨터공학과(공학박사)
 - 1994년 9월~1999년 2월 : 고려정보테크(주) 선임연구원
 - 1999년 3월~현재 : 혜전대학 컴퓨터과 조교수
- <관심분야> : 패턴인식, 영상처리, 컴퓨터비전

전 병 민(Byung-Min Jun)

정회원



- 1976년 2월 : 한국항공대학교 전자공학과(공학사)
 - 1978년 2월 : 연세대학교 전자공학과(공학석사)
 - 1988년 8월 : 연세대학교 전자공학과(공학박사)
 - 1986년 2월~현재 : 충북대학교 전기전자컴퓨터공학부 교수
- <관심분야> : 디지털 신호처리, 영상처리