

마커 방식 실내 내비게이션을 위한 조명 변화에 강한 임계값 결정 방법

Robust Threshold Determination on Various Lighting for Marker-based Indoor Navigation

최태웅, 이현철, 허기택, 김은석
동신대학교 디지털콘텐츠학과

Tae-Woong Choi(new2ky@nate.com), Hyun-Cheol Lee(hclee@dsu.ac.kr),
Gi-Taek Hur(gthur@dsu.ac.kr), Eun-Seok Kim(eskim@dsu.ac.kr)

요약

본 논문에서는 실내 조명 변화에 따라 마커 인식률의 차이가 커지는 현상을 해결하기 위해, 마커 인식을 위한 전처리 단계인 이진화 단계에서 최적의 임계값을 결정하는 방법을 제안한다. 제안 방법은 밝은 조명, 어두운 조명, 불특정 물체에 따른 그림자 현상이 나타나는 실내 환경에서 영상의 평균 명도값, 표준편차 및 최대편차를 고려하여 최적 임계값을 결정한다. 특히 그림자에 의한 그라데이션 현상을 해결하기 위해 이미지의 밝기에 따른 가중치를 적용함으로써 인식률을 향상시켰다. 제안방법은 다양한 조명환경에서 720×480 해상도의 영상을 처리하는데 빠른 처리 속도와 높은 인식률을 보여 실내 내비게이션에 적합할 것으로 기대된다.

■ 중심어 : | 이진화 | 영상처리 | 마커방식 | 조명 | 임계값 |

Abstract

In this paper, a method of determining the optimal threshold in image binarization for the marker recognition is suggested to resolve the problem that the performances of marker recognition are quite different according to the changes of indoor lighting. The suggested method determines the optimal threshold by considering the average brightness, the standard deviation and the maximum deviation of video image under the various indoor lighting circumstances, such as bright light, dim light, and shadow by unspecified obstacles. In particular, the recognition under the gradation lighting by shadow is improved by applying the weighted value that depends on the brightness of image. The suggested method is experimented to process 720×480 resolution video images under the various lighting environments, and it shows the fast and high performance, which is suitable for mobile indoor navigation.

■ keyword : | Binarization | Image Processing | Marker Technique | Lighting | Threshold |

1. 서론

2010년 세계 스마트폰 보급대수는 2009년 대비 1.6배

성장한 것으로 추정되며, 2013년까지 6억대, 태블릿 PC
는 1억 5천만대가 보급될 것으로 예측됨에 따라 스마트
폰 디바이스를 이용한 애플리케이션 시장이 커질 것으

접수번호 : #111010-002

접수일자 : 2011년 10월 10일

심사완료일 : 2011년 11월 10일

교신저자 : 김은석, e-mail : eskim@dsu.ac.kr

로 전망된다[1]. 특히 스마트폰 디바이스에 내장되어 있는 카메라를 이용하여 획득한 영상 이미지의 처리를 통해 게임, 교육, 방송 등 다양한 분야에 활용할 수 있는 애플리케이션 개발이 증가하게 될 것으로 예상된다.

최근 들어, 입체 영화 및 모바일 UI(User Interface) 기술의 고도화와 함께 사용자 편의성을 높은 고품질 정보 서비스에 대한 관심이 높아지면서 자연스럽게 증강 현실 관련 애플리케이션의 수도 증가하는 추세이다.

증강 현실 기술은 다양한 분야에 응용되고 있으며, 특히 현실 세계의 특정 물체나 그림, 선 등을 인식하여 사용자에게 추가적인 정보를 제공하는 형태가 주를 이루고 있다. 증강 현실에서 마커 검출, 특징점 추출은 매우 중요한 기술로 마커 검출, 정합, 트래킹 과정을 통해 실시간으로 이미지를 프로세스 해준다[2].

특정 물체로부터 정보를 얻기 위해 사용자의 주변 환경을 인식하여 정보를 추출하는 트래킹(Tracking) 기술이 필요하며, 트래킹 기술은 마커리스 트래킹(Markerless Tracking)과 마커 기반 트래킹(Marker-based Tracking) 기술로 나뉜다.

마커리스 트래킹 기술은 특정한 표식없이 영상 내에 존재하는 물체들의 특징점들을 인식하여 이 특징점들 간의 관계를 통해 상황 정보를 추출하는 트래킹 기술이다. 마커리스 트래킹은 현실 세계 그대로를 이용하므로 사실감을 높일 수 있다는 장점이 있으나, 물체들이 복잡하게 배치되어 있을 경우 특징점 추출에 많은 어려움이 있으며, 특징점들을 지속적으로 추적하기 위해 많은 연산량을 필요로 하므로 처리 속도 저하의 문제가 있다.

마커기반 트래킹 기술은 현실 세계에 미리 약속된 표식인 마커를 추가하여 이를 인식하는 기술로서 현실 세계에 특정한 물체를 추가해야 한다는 점에서 사실감과 유연성이 떨어진다는 단점이 있으나, 복잡한 환경에서도 지정된 마커만을 찾으므로 인식률이 높고 구현하기 쉬워 복잡한 실내 환경에 적합한 기술이다.

본 논문에서는 모바일 디바이스를 이용하여 증강 현실 애플리케이션 개발시, 복잡한 실내 환경에 마커의 인식률을 높이기 위해 전처리 단계인 이진화 단계에서 최적의 임계값을 결정하는 방법을 제안한다.

II. 기존 연구

카메라를 통해 획득한 영상에서 원하는 정보를 얻기 위해, 일반적으로 이진화 방법을 이용하여 외부 배경과 원하는 정보 내용을 분리하는 영상 전처리 과정을 수행한다. 이진화는 픽셀 값을 0과 1의 2단계 레벨로 변환하여 원하는 정보와 그렇지 않은 부분을 구분한다. 이 때 이진화 영상으로 변환하기 위해 픽셀 값의 크기를 비교하는 기준이 되는 값을 결정하는데, 비교하는 기준값을 임계값(Threshold)이라고 한다. 획득한 영상에서 배경과 원하는 물체를 잘 분리하기 위해서는 최적의 임계값을 결정하는 것이 중요하다.

일반적으로 이진화 방법은 그레이 영상의 명도값을 통해 임계값을 결정한 후 다음과 같은 비교에 의해 이진 영상으로 변환한다[3].

$$\begin{cases} \text{If } I_{gray} \geq Threshold \\ \quad \quad \quad \text{Then } I_{binary} = 1 \\ \text{else } I_{binary} = 0 \end{cases} \quad (a)$$

$$(b)$$

변환 결과 원하는 물체는 검정색으로 배경은 흰색으로 나타낸다.

임계값 결정 방법은 이진화 결과 영상의 성능과 품질에 많은 영향을 끼친다. 따라서 정확한 마커 인식을 위해서는 적절한 크기의 임계값 결정이 매우 중요하다[4]. 이진화 방법은 임계값을 결정하는 방식에 따라 전역적(Global) 이진화 방식과 지역적(Local) 이진화 방식으로 구분된다[5]. 전역적 이진화 방식은 임계값을 너무 작게 결정할 경우 이진영상에서 흰색인 픽셀의 수가 많아지고, 반대로 임계값을 너무 크게 설정한 경우 검정색의 픽셀의 수가 많아져 정확한 물체 구별이 어려워진다. 전역적 임계값을 결정하는 방법으로는 고정임계값 방법과 Otsu[6]가 제안하는 방법이 가장 대표적이다.

고정임계값 방법은 영상의 전 지역에 하나의 임계값을 지정하여 이진화하는 방법으로 단일 임계값을 통하여 전 픽셀을 비교하여 처리하므로 처리 속도가 매우 우수하다. 하지만 원하는 물체를 분리하기 위한 최적의 임계값을 찾기 위해서는 원 영상을 대상으로 다양한 임

계값을 지정하여 최적의 임계값을 찾아야한다는 단점이 있다[7]. Otsu의 최적 임계값은 공간 응집 정보를 사용하지 않고, 그레이스케일 영상 히스토그램 형태의 바이모달(Bimodal)의 분포와 계곡점(Valley)을 찾아 그 점을 임계값으로 결정하는 방법이다[8]. 기본 임계값으로 나누어진 히스토그램을 두 그룹의 클래스로 정의하고, 클래스 사이의 분산을 최대화시켜 반복적인 방법에 의해 최적의 임계값을 찾는다. Otsu의 알고리즘은 간단하게 구현할 수 있으며 비교적 단순한 배경을 갖는 이미지에 대해 높은 성능을 보이나, 명도 분포가 균일하지 못한 영상에는 적용하기 어렵다.

지역적 이진화 방식은 각 픽셀마다 혹은 작은 영역마다 서로 다른 임계값을 결정하여 적용시키는 방법이다. Niblack[9]은 일정한 지역을 정의하여 그 지역 내의 명도 값의 평균과 분산을 이용하여 임계값을 결정하였으며, Bernsen[10]은 최소값과 최대값을 이용하여 임계값을 결정하였다. Bernsen의 방법은 Niblack의 방법보다 불균일한 조명 영향에 민감하게 반응한다[11]. D. Bradley[12]가 제안하는 방법은 주변의 픽셀과 비교하여 적응적으로 임계값을 결정하는 방식으로 품질 면에서는 좋은 성능을 보이나, 영상의 복잡도와 처리 단위 블록의 크기에 따라 처리 속도가 일정하지 않다는 단점이 있다.

다음 [표 1]은 기존 임계값 결정 방법들의 특징을 비교하여 정리한 것이다.

표 1. 임계값 결정 방법의 특징 비교

구분	특징	결정 방법	비고
고정 임계값	· 모든 화소에 대해 동일	· 사용자 임의	· 일반적으로 명도 레벨의 중간값
Otsu	· 모든 화소에 대해 동일	· 반복법에 의해 최적값을 찾음	· 반복법의 종료 기준이 필요
Niblack	· 화소마다 임계값이 다름	· 이웃 화소들의 평균값과 표준편차의 가중치를 사용	· 참조할 화소 블록의 크기 결정이 필요
Bernsen	· 화소마다 임계값이 다름	· 이웃 화소들의 최대값과 최소값의 중간값을 사용	· 참조할 화소 블록의 크기 결정이 필요
D. Bradley	· 화소마다 임계값이 다름	· 이웃 화소들의 평균값과 오차범위를 사용	· 참조할 화소 블록의 크기와 오차범위 결정이 필요

III. 실내 환경의 조명변화에 강한 마커 인식 방법

1. 마커 인식에 영향을 미치는 요인

효율적인 마커인식을 위해서는 외부 배경과 원하는 정보 내용의 명도 차이가 커야 이진화 단계에서 구분이 용이하다. 실내 환경에서 균일한 조명을 받을 경우에 밝은 조명 환경에서는 배경과 원하는 정보의 명도 차이가 크고, 어두운 조명 환경에서는 그 명도의 차이가 작다. 또한 어두운 조명 환경의 경우에는 전체적으로 낮은 명도로 인해 마커의 인식률이 급격하게 낮아진다. 또한 실내 환경에서는 실내 조명의 빛에 방향에 따라 불특정 물체에 의해 마커영역에 그림자가 드리워져 그라데이션 현상이 발생할 수 있으며, 마커 영역부분에 명도 분포를 불균일하게 만들어 마커 인식이 어려워진다.

기존 연구 방법인 전역적 이진화 방법의 경우에는 단일 임계값을 적용하여 이진화를 진행하므로 밝은 조명과 어두운 조명 환경의 명도 분포에 따라 마커 인식률에 큰 영향을 준다. 또한 불균일한 조명 환경에서는 인식률이 매우 떨어진다. 지역적 이진화 방법의 경우에는 일정한 크기의 영역에 대한 명도 값의 평균과 분산을 이용하여 결정하므로 영역의 크기에 따라 인식률이 변화하게 되며, 불균일한 조명 환경에서 민감하게 반응하게 된다.

2. 조명 변화에 따른 이미지 히스토그램 분석

마커인식을 위해 카메라를 통해 컬러 영상을 획득한 후 그레이 스케일링을 통해 영상을 변환하고, 임계값 결정을 통해 마커와 배경을 구분하는 최종 이진 영상을 획득하게 된다. 실내 환경 조명 변화에 강한 마커 인식을 위해 마커와 배경을 잘 구분할 수 있도록 하는 최적의 임계값을 결정해야한다. 본 논문에서는 [그림 1]과 같이 배경 명도의 구분이 명확하도록 검은색과 흰색이 대비가 뚜렷한 가로, 세로가 8cm×8cm에 두께가 2cm인 테두리를 갖는 사각형 마커를 사용하였다.

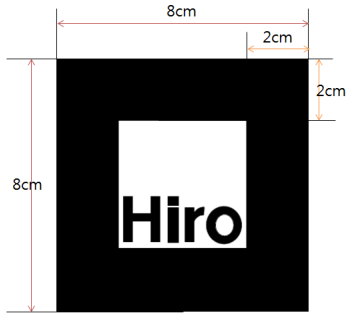
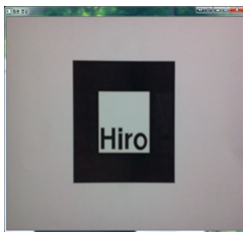
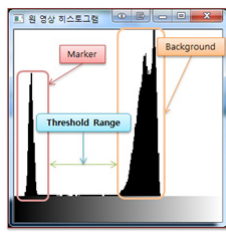


그림 1. 마커 형태

임계값은 전체 이미지에 대해 배경과 마커를 분리하는 하나의 임계값을 결정함으로써, 기존의 블록단위별로 임계값을 계산하여 적용하는 적응적 방법에 비해 처리 속도를 향상시켜 실시간 영상에 적용이 가능하도록 하였다. 마커 인식을 위한 임계값의 범위를 결정하기 위해 전체 영상의 명도값에 대한 히스토그램을 분석하였다. [그림 2]의 (a)는 균일하고 적절한 밝기의 조명하에서의 마커 이미지로 히스토그램 분포(b)에서 알 수 있듯이 배경과 마커를 구분할 수 있는 임계값 영역(Threshold Range)이 넓어 대부분의 방법들로 쉽게 마커가 인식된다. (c)는 전반적으로 어두운 조명하에 있는 마커 이미지로, 배경의 명도가 낮아져 전체적인 히스토그램이 왼쪽으로 치우쳐 있지만 (d)와 같이 마커 영역과 배경 영역이 바이모달 그래프 형태로 확연히 구분되어진다. 즉, 밝은 조명과 어두운 조명간의 전체 명도 값의 분포는 모든 영역에서 일정한 조명에 영향을 받기 때문에 두 영역을 구분하는 임계값 영역이 넓거나 좁아질 뿐 그룹 간의 구분은 용이한 형태를 보인다.



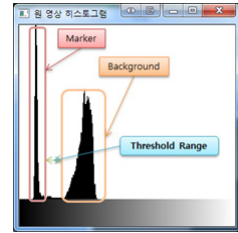
(a) 밝은 조명 환경



(b) (a)의 히스토그램



(c) 어두운 조명 환경



(d) (c)의 히스토그램

그림 2. 조명 환경 변화에 따른 히스토그램

실내 환경에 따라 조명의 상태가 변하면 획득한 영상 이미지의 전체 명도값 분포 또한 변화한다. 특히 불특정 물체에 의해 조명이 일부 가려지는 경우 그림자가 발생하여 그라데이션 현상이 생기는데, 이 경우 명도값 분포가 전체적으로 평활화되어 히스토그램 분석을 통해 구분하기 어려워진다. [그림 3]은 마커 영상 이미지에 불특정 물체에 의한 그림자에 의한 그라데이션 현상이 발생한 경우로서, 마커 영상 이미지의 명도 그룹이 뚜렷하게 나타나지 않는다.

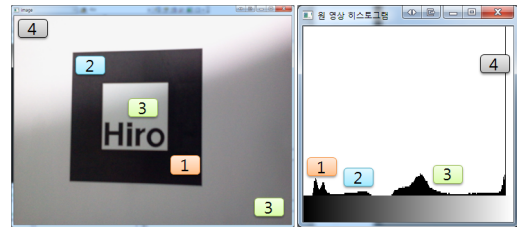


그림 3. 그라데이션 현상에서의 히스토그램

그라데이션 현상이 발생하는 영상은 마커의 검은색 테두리 부분이 가장 어둡게 나타나며, 이후 내부의 흰색 부분과 외부 배경 부분에서의 명도 값이 마커 테두리에 비해 상대적으로 밝게 나타날 것이라고 유추할 수 있다. [그림 4]는 [그림 3]의 그라데이션이 나타난 영상에서 히스토그램 분석을 통해 결정한 임계값을 보여준다.

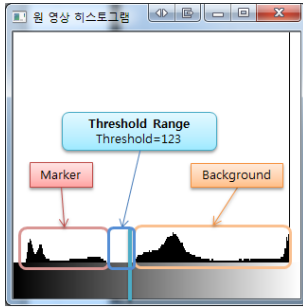


그림 4. 그라데이션 현상에 따른 히스토그램 분석

3. 임계값 결정 방법

조명의 밝기에 따른 이미지의 히스토그램 특징 분석을 통해 임계값은 식(1)과 같이 결정되도록 하였다.

$$\text{Threshold} = G_{\text{mean}} \times \left[1 + f \times \left(\frac{G_{\text{std}} - G_{\text{smax}}}{G_{\text{smax}}} \right) \right] \quad (1)$$

임계값 Threshold 는 L 개의 픽셀을 갖는 이미지에서 P_i 의 평균 밝기 G_{mean} 을 기준으로 픽셀의 밝기의 표준 편차 G_{std} 와 최대 편차의 절대값인 G_{smax} 의 차이값에 따라 결정된다. 이때 G_{mean} , G_{std} , G_{smax} 는 다음의 식을 통해 구할 수 있다.

$$G_{\text{mean}} = \sum_{i=0}^{L-1} P_i / L \quad (2)$$

$$G_{\text{std}} = \sum_{i=0}^{L-1} (P_i - G_{\text{mean}})^2 / L \quad (3)$$

$$G_{\text{smax}} = \text{Max}_i (|P_i - G_{\text{mean}}|) \quad (4)$$

관측값들이 평균값의 근처에 밀집되어 있으면 표준 편차는 작아지며, 관측값들이 평균값에서 멀어질수록 표준 편차는 커진다. 마커 이미지는 어두운 부분과 밝은 배경 부분이 확연히 분리되어 있으므로 표준 편차와 최대 편차의 차이가 적으면 픽셀이 평균 밝기에서 멀리 떨어져 분포함을 의미하며, 이는 평균 밝기인 G_{mean} 이 밝은 부분과 어두운 부분의 그룹을 나누는 적절한 임계값임을 나타낸다. 표준 편차와 최대 편차의 차이가 크면 유사 밝기를 갖는 픽셀들이 그룹 지어져 있음을 의

미하며, 이 경우 임계값은 평균값에 가까운 다수를 차지하는 밝기 픽셀에서 큰 편차를 보이는 특징점으로서의 이동할 필요가 있게 된다. 배경으로부터 마커를 구분해야 하므로 임계값의 이동은 마커의 색상인 검정색 쪽 (명도 0의 방향)으로 이루어져야 하기 때문에, 표준편차에 대해 최대 편차의 차이값을 -1에서 0사이의 음수값으로 정규화하여 사용하였다.

f 는 획득한 영상 이미지가 불특정 물체에 가려져 그라데이션 현상이 발생한 경우 적절한 임계값 이동을 결정하기 위해 획득한 영상의 명도 값 변화에 따라 적응적으로 변하는 상수값으로 식(5)와 같이 얻어진다.

$$f = \left(\frac{G_{\text{smax}} - G_{\text{std}}}{G_{\text{std}}} \right) \times \frac{1 - w}{2} \quad (5)$$

여기서 w 는 그레이 레벨의 중간값인 127을 기준으로 픽셀의 명도값이 127보다 작으면 -1값을, 127보다 크면 1값을 누적하여 전체 픽셀수로 나눈 값으로, 이미지의 밝은 영역과 어두운 영역의 분포 정도를 나타내는 가중 요소 값으로 사용하였다. w 가 0인 경우 중간값을 기준으로 어두운 부분과 밝은 부분이 균일하게 분포되어 있고, 1에 가까울수록 밝은 픽셀들이 많음을 의미한다. 즉, 이미지가 어두울수록 w 값은 0보다 작아지며 이미지가 밝을수록 0보다 커지게 된다. 전체적인 이미지의 밝기가 어두울 경우, 배경 부분이 어두운 그레이 계열로 나타나며 마커의 검정색은 변하지 않으므로 검정색인 마커쪽으로서의 이동량이 많아져야 한다. 전체적으로 이미지의 밝기가 밝은 경우, 배경부분의 흰색은 변하지 않으나 마커의 검정색은 그레이 계열로 변하며 조명이 밝을수록 마커의 그레이 레벨 또한 높아지므로 평균값에서 마커쪽으로서의 이동량은 많지 않아야 한다. 최대 편차인 G_{smax} 는 표준 편차인 G_{std} 보다 항상 크거나 같기 때문에 f 는 항상 0보다 크거나 같게 된다. 최대 편차와 표준 편차가 적은 경우 대부분의 픽셀들이 평균값 밝기 주변에 모여 있게 되므로 너무 큰 이동은 그룹 전체를 벗어나게 할 수 있어 w 값을 $-0.5 \leq w \leq 0.5$ 이내로 제한하였다.

$$w = \text{clamp}(w, -0.5, 0.5) \quad (6)$$

IV. 실험 및 성능 평가

제안 방법의 성능 평가를 위해 기존 연구 방법인 고정임계값 방법과 Otsu의 방법, Bradley의 적응적 임계값 결정 방법 등 3가지 방식들과 비교하였다. 고정 임계값 방법의 경우 각 영상의 최대, 최소 명도값의 중간값을 임계값으로 설정하였다.

본 논문에서는 제안 방법과 비교 방법들을 Intel(R) Core i7 1.60GHz, RAM 8GB, Windows7 64bit의 PC 환경에서 Visual Studio 2008로 구현하였다. 삼성 갤럭시 탭 SHW-M180W 디바이스로 720 × 480 해상도의 300만 화소 영상을 각각의 조명 환경에 따라 연속 촬영하여 획득하였다.

[그림 5]은 실내 환경에서 밝은 조명, 어두운 조명, 그림자가 생기는 그라데이션 조명에 따라 실험 방법들로 영상이미지를 이진화한 결과를 보여준다.

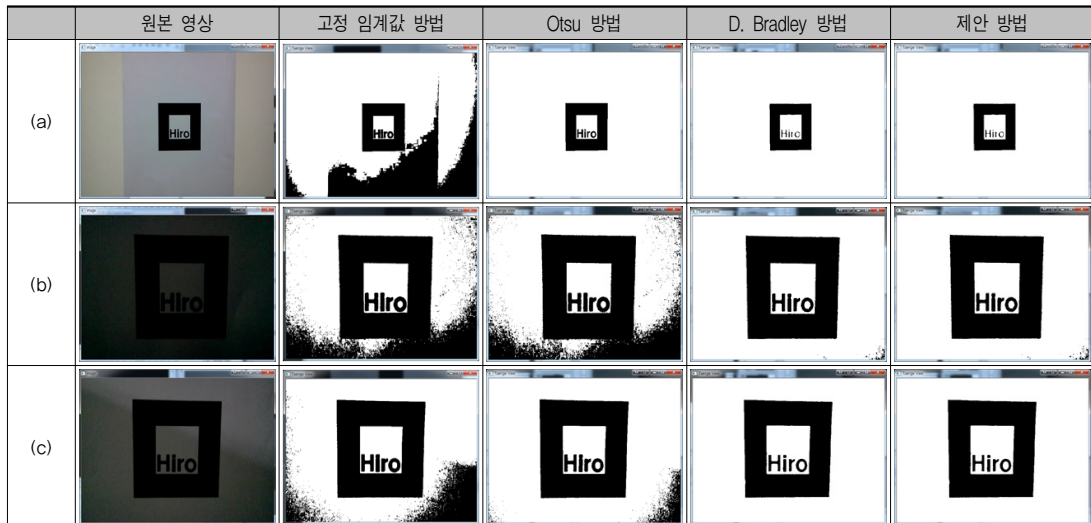
밝은 조명(a)에서는 네 가지 방법 모두 마커 영역을 추출하였으나, 어두운 조명(b)의 경우 영상의 명도 분포가 전반적으로 어두운 쪽으로 치우쳐, 고정 임계값 방법과 Otsu의 방법의 경우 마커 영역을 추출하지 못하였다. 또한 불특정 물체에 의해 발생하는 그림자로 인해 그라데이션 현상이 나타나는 영상(c)의 경우 모든

방법이 마커를 추출하는데는 성공하였으나, 고정임계값 방법과, Otsu 방법의 경우 약간의 잡음이 보였으며 고정임계값의 경우 그림자 영역 크기와 조명 변화에 따라 성공여부가 다르게 나타났다.

표 2. 이진화 방법별 이미지 정합 성공률

조명 환경	이진화 방법	전체 프레임 수	정합 성공	정합 성공률 (%)	총 소요시간 (ms)
밝은 조명	고정 임계값	230	207	90	753.25
	Otsu	230	230	100	1806.1
	D. Bradley	230	230	100	2415.27
	제안 방법	230	230	100	1778.67
어두운 조명	고정 임계값	230	146	63.48	757.77
	Otsu	230	153	66.52	4109.85
	D. Bradley	230	218	94.78	2334.32
	제안 방법	230	218	94.78	1608.49
그라데이션 조명	고정 임계값	230	111	48.26	734.09
	Otsu	230	171	74.35	2794.94
	D. Bradley	230	230	100	2338.96
	제안 방법	230	230	100	1643.64

[표 2]는 다양한 조명 변화에서 획득한 이미지들의 실시간으로 처리를 통해 이미지 정합이 성공된 성공률을 보여준다. 실내 조명 환경별로 카메라의 움직임에 변화를 주고 불특정 물체에 의한 그라데이션 조명 현상이 발생하도록 환경을 구축하여 얻은 720 × 480 해상도



(a) 밝은 조명, (b) 어두운 조명, (c) 그라데이션 조명

그림 5. 실험 결과(이진화)

의 230 프레임 영상 데이터에 대해 각각의 방법으로 처리하여 얻은 성공과 실패의 결과를 구분한 것이다.

다음 [표 3]은 위의 조명 변화에 따른 이미지 정합에서 각 방법별로 10회씩 반복 실시하여 평균 처리 시간을 비교한 것이다. 제안 방법은 현재 모바일 디바이스에서 마커 인식 방법으로 사용되는 Otsu 방법과 인식률이 높은 Bradley 방법에 비해 낮은 평균 속도를 보이며, 특히 최대 처리 시간과 최소 처리 시간의 편차가 적어 제약사항이 있는 모바일 디바이스에서도 빠르고 안정적으로 사용할 수 있을 것으로 기대된다.

표 3. 조명 환경에 따른 평균 처리시간 <단위 : ms>

조명 환경	이진화 방법	평균	최대	최소
밝은 조명	고정 임계값	3.11	5.91	2.58
	Otsu	7.52	11.05	6.39
	D. Bradley	10.06	13.95	8.95
	제안 방법	7.41	10.64	6.63
어두운 조명	고정 임계값	3.16	5.02	2.62
	Otsu	17.12	26.08	14.35
	D. Bradley	9.72	13.30	8.80
	제안 방법	6.70	8.98	6.24
그라데이션 조명	고정 임계값	3.14	5.67	2.57
	Otsu	11.64	17.57	9.74
	D. Bradley	9.74	13.46	8.80
	제안 방법	6.84	9.13	6.24

V. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 실내 환경에서 증강현실을 구현하기 위하여 마커기반의 트래킹기술을 적용하였으며, 효과적인 마커인식을 위해 이진화 단계에서 최적의 임계값을 결정하는 방법을 제안하였다.

밝은 조명과 어두운 조명, 그라데이션 현상이 발생하는 실내 환경에서 연속 촬영을 통해 획득한 컬러 영상에 적용하여 실험한 결과, 어둡거나 그림자가 지는 그라데이션 조명 환경에서 제안 방법이 기존 방법들에 비해 우수한 성능을 보였다. 제안 방법은 어두운 조명과 그라데이션 현상이 발생하는 환경에서 현재 모바일 디바이스에서 사용되는 Otsu 방법과 비교하여 평균 70% 이상의 처리 속도 향상과 1.3배 이상의 정합 성공률을 보였다. 높은 정합 성공률을 보이는 Bradley 방법에 비

해서도 평균 40% 이상의 속도 향상을 보였으며, 특히 영상 처리 시간의 최대최소 편차가 Bradley 방법의 60% 수준으로 줄어 모바일 디바이스에서의 실시간 처리에 더욱 안정적인 것으로 기대할 수 있다.

제안 방법은 부분 조명이 이루어지는 어두운 조명 환경에서 반사율이 높은 물체에 부착된 마커의 정합이 실패하는 경우가 있었다. 향후 정확도와 처리 속도의 성능을 높이기 위하여 다양한 조명 환경 설정을 통한 성능 분석과 알고리즘 최적화에 대한 개선 연구가 필요하며, 다양한 모바일 플랫폼에 적용하여 실시간 시스템으로의 활용 가능 여부에 대한 검증이 필요할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 김원제, 2010 애플리케이션 시장 결산 및 전망, 전자부품연구원 전자정보센터, 2011.
- [2] 김철기, “스마트 폰 기반 모바일 증강현실의 동향과 발전전망”, 한국디자인포럼, 제27호, pp.53-64, 2010.
- [3] 김인중, “화질 분석을 통한 카메라 문서 영상의 적응적 이진화”, 정보과학회논문지, 제34권, 제9호, pp.797-803, 2007.
- [4] 황선규, 영상 처리 프로그래밍 by Visual C++, 한빛미디어, 2007.
- [5] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital Image Processing*, Addison Wesley, 1993.
- [6] N. Otsu, “A Thresholding Selection Method from Gray-level Histogram,” *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol.9, No.1, pp.62-66, 1979.
- [7] 정성환, 오픈소스 OpenCV를 이용한 컴퓨터 비전 실무 프로그래밍(기본편), 홍릉과학출판사, 2007.
- [8] Nguyen Cao Truong Hai, 김도연, 박혁로, “Saliency Map을 이용한 최적 임계값 기반의 객체 추출”, 한국콘텐츠학회논문지, 제11권, 제6호, pp.18-25, 2011.
- [9] W. Niblack, *An Introduction to Digital Image*

Processing, Prentice Hall, 1986.

- [10] J. Bernsen, "Dynamic Thresholding of Grey-level Images," Proc. of International Conference on Pattern Recognition, pp.1251-1255, 1986.
- [11] 김민기, "자동차 번호판 이진화 방법에 대한 성능 비교", 한국콘텐츠학회논문지, 제9권, 제8호, pp.9-17, 2009.
- [12] D. Bradley, "Adaptive Thresholding using the Integral Image," ACM Journal of Graphics Tools, Vol.12, No.2, pp.13-21, 2007.

저 자 소 개

최 태 웅(Tae-Woong Choi)

준회원



- 2010년 2월 : 동신대학교 디지털 콘텐츠학과(이학사)
- 2010년 ~ 현재 : 동신대학교 디지털콘텐츠학과 석사과정

<관심분야> : 영상처리, 증강현실

이 현 철(Hyun-Cheol Lee)

정회원



- 1989년 2월 : 동신대학교 디지털 콘텐츠학과(이학사)
- 1998년 2월 : 동신대학교 계산통계학과(이학석사)
- 2003년 2월 : 동신대학교 컴퓨터학과(이학박사)

- 2005년 ~ 현재 : 동신대학교 디지털콘텐츠학과 전임강사
- 2009년 ~ 현재 : 동신대학교 디지털콘텐츠협동연구센터 선임연구원

<관심분야> : 실감미디어, 가상현실, 기능성게임, 실버콘텐츠

허 기 택(Gi-Taek Hur)

정회원



- 1984년 2월 : 전남대학교 계산통계학과(이학사)
- 1986년 2월 : 전남대학교 계산통계학과(이학석사)
- 1994년 2월 : 광운대학교 전자계산학과(이학박사)

- 1989년 ~ 현재 : 동신대학교 디지털콘텐츠학과 교수
- <관심분야> : 영상처리, 실버콘텐츠, 디지털콘텐츠

김 은 석(Eun-Seok Kim)

정회원



- 1995년 2월 : 전남대학교 전산학과(이학사)
- 1997년 2월 : 전남대학교 전산통계학과(이학석사)
- 2001년 2월 : 전남대학교 전산통계학과(이학박사)

- 2002년 ~ 현재 : 동신대학교 디지털콘텐츠학과 부교수

<관심분야> : 컴퓨터그래픽스, 디지털콘텐츠, 애니메이션