

컬러의 채널 특성을 고려한 확률기반 배경분리 기법*

홍 동표, 우 운택

광주과학기술원 정보통신공학과 U-VR연구실

{dhong, wwoo}@kjist.ac.kr

Abstract: 영상으로부터 특정한 물체를 분리하는 일은 컴퓨터 비전이나 인식 등 많은 분야에서 기본적인 부분이며 중요하다. 본 논문에서는 컬러의 채널 특성을 고려한 RGB 컬러 모델과 정규화된 rgb 컬러 모델을 이용하여 움직이는 물체를 배경으로부터 분리하는 방법을 제안한다. 첫번째 단계에서는 배경으로부터 움직이는 물체를 분리하기 위해 컬러의 채널 특성을 고려한 RGB 컬러 모델을 사용한다. 이때 사용된 컬러 모델은 움직이는 물체의 그림자도 포함된다. 따라서 두번째 단계에서는 정규화된 rgb 컬러 모델을 사용하여 첫번째 단계에서 분리된 영상으로부터 그림자를 분리한다. 제안된 확률기반의 장점은 학습된 배경 영상과 현재 입력 영상과의 차이를 이용하여 움직이는 물체를 분리할 때, 컬러의 채널 특성을 고려하여 영상의 각 픽셀에 동적인 문턱 값을 줄 수 있기 때문에 주변환경의 변화에도 강건하게 물체를 분리할 수 있다는 점이다. 또한 그림자를 물체로부터 분리할 수 있기 때문에 영상의 광원 위치를 추정하는데 사용할 수도 있다.

1. 결과

그림 1은 각 컬러 채널에 대해 임의의 한 픽셀의 시간에 따른 변화량을 나타낸 것이다. 임의의 한 픽셀의 시간에 따른 변화량은 그림 1에서 보여지는 것처럼 각 컬러의 채널마다 서로 다르다. 따라서 각 컬러의 채널 특성을 고려하여 배경으로부터 움직이는 물체를 분리한다.

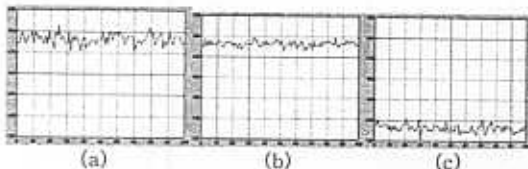


그림 1. 임의의 한 픽셀에 대한 컬러 값 변화량
(a)R: $m=176.64$, $\sigma=2.47$. (b)G: $m=176.53$, $\sigma=1.40$.
(c)B: $m=136.27$, $\sigma=1.89$.

그림 2는 RGB 컬러 모델에서 관찰한 배경화면에 대한 표준편차영상이다. 다양한 실내환경(형광등 조명)에서 실험을 해 본 결과 실내환경에서는 각 컬러채널의 변화량이 그림 1과 비슷한 결과를 나타냈다. 실험결과를 통해서 움직이는 물체를 RGB 컬러 모델을 사용해서 분리할 때 특정 컬러 채널을 무시한 단일 문턱 값 방법보다 voting 방법이나 각 컬러의 채널을 비교하는 방법을 이용해야 한다.

* 본 연구는 한국과학기술연구원(KIST)와 교육부의 BK21 사업의 지원에 의해 수행됨

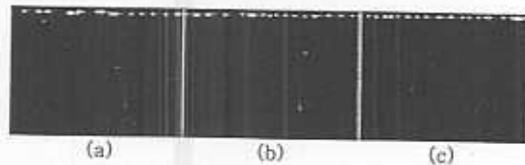


그림 2. RGB 컬러 모델에서 표준편차 배경영상
(a)R: $\sigma_m=1.7040$ (b)G: $\sigma_m=0.9978$ (c)B: $\sigma_m=1.5586$

그림 3은 정규화된 rgb 컬러 모델에서 관찰한 배경화면의 표준편차영상이다. 실험결과에 따르면 정규화된 rgb 컬러 모델에서도 각 컬러 채널의 변화량은 채널마다 각각 다르게 나타난다. 따라서 정규화된 rgb 컬러 모델에서도 RGB 컬러 모델과 같이 특정 컬러 채널을 무시할 수 없다. 따라서 앞에서 제시한 voting 방법이나 각 컬러 채널을 비교하는 방법을 이용해야 한다.

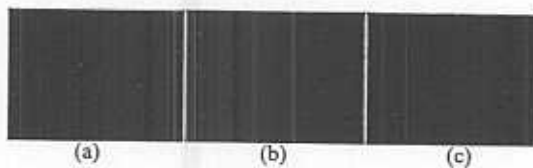


그림 3. rgb 컬러 모델의 표준편차 배경영상
(a) r: $\sigma_m=0.0089$ (b) g: $\sigma_m=0.0047$ (c) b: $\sigma_m=0.0047$

그림 4는 모든 컬러 채널에 대해서 문턱값을 만족한 경우 움직이는 물체를 분리한 결과이다.



그림 4. 각 컬러 채널 비교 방법
(a) 입력영상 (b) 그림자가 포함된 움직이는 물체영상
(c) 그림자가 제거된 움직이는 물체영상

그림 4에서 보여지는 것처럼 각 컬러의 채널에 대해서 비교하는 방법이 그림자를 제거하는데 상대적으로 voting 방법이나 단일 문턱값을 이용한 것보다 강건하다. 이는 그림 1, 2, 3에서 보여진 것처럼 RGB 컬러 모델과 정규화된 rgb 컬러 모델에서 각 컬러 채널의 변화량은 서로 다르기 때문이다. 따라서 확률에 기반한 방법으로 배경으로부터 움직이는 물체를 분리할 때, 컬러의 채널 특성을 고려해야 한다.

컬러의 채널 특성을 고려한 확률기반 배경분리 기법*

홍 동표, 우 운택

광주과학기술원 정보통신공학과 U-VR 연구실

Foreground Separation using Color Channel Characteristics

Dongpyo Hong, Woontack Woo

KJIST U-VR Lab.

[\[dhong, wwoo\]@kjist.ac.kr](mailto:{dhong, wwoo}@kjist.ac.kr)

Abstract: 영상으로부터 특정한 물체를 분리하는 일은 컴퓨터 비전이나 인식 등 많은 분야에서 기본적인 부분이며 중요하다. 본 논문에서는 컬러의 채널특성을 고려한 RGB 컬러 모델과 정규화된 rgb 컬러 모델을 이용하여 움직이는 물체를 배경으로부터 분리하는 방법을 제안한다. 첫번째 단계에서는 배경으로부터 움직이는 물체를 분리하기 위해 컬러의 채널 특성을 고려한 RGB 컬러 모델을 사용한다. 이때 사용된 컬러 모델은 움직이는 물체의 그림자도 포함된다. 따라서 두번째 단계에서는 정규화된 rgb 컬러 모델을 사용하여 첫번째 단계에서 분리된 영상으로부터 그림자를 분리한다. 제안된 확률기반의 장점은 학습된 배경 영상과 현재 입력 영상과의 차이를 이용하여 움직이는 물체를 분리할 때, 컬러의 채널 특성을 고려하여 영상의 각 픽셀에 동적인 문턱 값을 줄 수 있기 때문에 주변환경의 변화에도 강건하게 물체를 분리할 수 있다는 점이다. 또한 그림자를 물체로부터 분리할 수 있기 때문에 영상의 광원 위치를 추정하는데 사용할 수도 있다.

Keywords: background subtraction, shadow detection, color model

1. 소개

최근 가상현실 기술이 발전하면서 컴퓨터 그래픽스만의 영역으로 생각되던 가상 공간에 비디오 영상을 이용하려는 연구가 진행되고 있다. 예를 들면, 가상 공간에 사용자를 대신하는 아바타를 컴퓨터 그래픽스를 사용하지 않고 직접 비디오 영상에 기반하여 생성하는 방법도 있다. 영상을 사용하는 여러 응용 분야에서, 그 영상으로부터 특정 물체를 분리하는 과정은 중요하다. 오랫동안 물체를 배경으로부터 분리하는 과정은 컴퓨터 비전이나 인식 등 많은 분야에서 기본이 되는 부분으로 다루어져 왔다. 따라서, 영상으로부터 물체를 효과적으로 분리하지 못하면 가상현실 응용분야에서는 현실감과 몰입감을 제공하기가 어렵고, 사람을 다루는 의료분야에서는 큰 피해를 가져올 수 있다.

이와 같은 영상분할 (또는 객체분할)의 중요성으로 인해 그 동안 많은 연구들이 진행되었다. 대상물을

배경으로부터 분리할 때, 분리할 물체와 배경 영상의 컬러 밀도 차이를 이용하는 방법 [1], 영상에서 움직이는 물체의 속도 차이를 이용하는 방법 [2], 스테레오 영상의 차이를 이용하는 방법 [3] 그리고 앞의 방법들을 결합한 방법 [4] 등이 제안되어 왔다. 그러나 이러한 접근 방법들도 많은 부분 보완되어야 할 점들이 있다. 예를 들면, 광원이나 카메라의 특성으로 인해 분리할 물체와 배경 영상의 컬러 밀도 차이가 잘 못 되거나, 움직이는 물체가 정지하거나 빠르게 움직일 때 위의 방법들은 적합하지 않다. 또 앞에서 언급한 방법들은 컬러의 채널 특성을 고려하지 않고 단일 문턱 값을 사용하여 배경으로부터 움직이는 물체를 분리하였다.

본 논문에서는 이와 같은 단점을 극복하고, 실시간으로 배경으로부터 움직이는 물체를 분리하기 위해 확률에 기반한 접근 방법 [4][5][6]을 사용한다. 제안된 알고리즘은 학습된 배경 영상과 현재 입력 영상과의 차이를 이용하여 움직이는 물체를 분리한다. 제안된 방법의 첫번째 단계는 RGB 컬러 모델을 사용한다. 그러나 RGB 컬러 모델을 사용하면 배경으로부터 물체를 분리했을 때, 물체의 그림자도 포함되는 단점이 있다. 따라서, 제안된 방법의 두번째 단계에서는 정규화된 rgb 컬러 모델을 사용한다. 정규화된 rgb 컬러 모델에서는 컬러의 밝기 성분이 없기 때문에 움직이는 물체의 그림자를 제거할 수 있다. 제안된 방법의 장점은 각 컬러의 채널 특성을 고려한 각 픽셀에 대한 문턱 값 설정과 두 개의 컬러 모델을 사용하여 그림자를 제거한 움직이는 물체 분리이다. 제안된 방법으로 물체의 그림자를 분리할 수 있기 때문에 향후 IBR(Image Based Rendering)이나 비디오 아바타와 같은 가상현실 응용 분야에서 광원의 위치를 추정하는데 사용할 수도 있다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 먼저 2 장에서는 제안된 두 개의 컬러 모델에 대한 특징들을 설명한다. 3 장에서는 배경으로부터 움직이는 물체 분리에 대한 알고리즘을 순차적으로 소개한다. 마지막 4장과 5 장에서는 제안된 방법으로 실험한 내용에 대한 분석과 본 논문이 갖는 의의에 대해서 간략하게 기술한다.

2. RGB 컬러 모델과 정규화된 RGB 컬러 모델

RGB 컬러의 기하학적 모델은 3 차원 정육면체로 표현될 수 있고 각 픽셀은 컬러 성분과 밝기 성분을

* 본 연구는 한국과학기술연구원(KIST)와 교육부의 BK21 사업의 지원에 의해 수행됨

포함하고 있다. 따라서 RGB 컬러 모델을 이용해서 배경으로부터 움직이는 물체를 분리하면, 그림자는 배경이 갖는 컬러의 밝기 성분만 변형시키기 때문에 분리된 물체에는 그림자가 포함된다. 이는 RGB 컬러 모델의 특성으로 같은 컬러지만 밝기 정도에 따라 다른 컬러로 취급하기 때문이다.

정규화된 rgb 컬러 모델은 RGB 컬러 모델의 각 픽셀에 대해서 식(1)으로 정규화한 것이다[2].

$$r = \frac{R}{T} \quad g = \frac{G}{T} \quad b = \frac{B}{T} \quad (1)$$

식(1)에서 R, G, B 는 각각의 컬러 채널을 나타내고, r, g, b 는 정규화된 각각의 컬러 채널을 나타낸다. 식(1)에서 $T = R+G+B$ 를 나타낸다. 정규화된 rgb 컬러 모델에서는 밝기 성분이 제거되기 때문에 검은색과 흰색이 같은 점으로 수렴한다. 즉, 밝기에 의한 컬러의 구분이 없다.

? . 움직이는 물체 분리 알고리즘

배경학습 단계에서는 두 컬러 모델에 대해서 각각 학습을 한다. 우선 RGB 컬러 모델에서 학습할 배경영상에 대해서 평균영상과 표준편차영상을 구한다. 주의해야 할 점은 컬러의 채널 특성을 이용하기 때문에 영상의 R, G, B 컬러에 대해서 각각 분할한다. R, G, B 컬러의 채널이 분리되면, 각 컬러의 채널에 대해서 평균영상과 표준편차영상을 구한다.

$$M_R = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} I_{R_i} \quad M_G = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} I_{G_i} \quad M_B = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} I_{B_i} \quad (2)$$

$$S_R = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} (I_{R_i} - M_R)^2} \quad S_G = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} (I_{G_i} - M_G)^2} \quad S_B = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} (I_{B_i} - M_B)^2}$$

식(2)는 RGB 컬러모델에서 평균영상과 표준편차영상을 구하는 방법이다. 식(2)에서 I_R, I_G, I_B 는 학습될 배경영상이고 N 은 학습할 전체 프레임 수를 나타낸다. 식(2)에서 M_R, M_G, M_B 는 각 채널에 대한 평균영상이고, S_R, S_G, S_B 는 각 채널에 대한 표준편차영상이다. RGB 컬러 모델로 배경학습이 끝나면, 정규화된 rgb 컬러 모델로 배경 학습을 한다. 정규화된 rgb 컬러 모델에서 주의해야 할 점은 검은색의 경우 R, G, B 값이 0 이 되므로 식(1)에 따르면 계산상 오류가 발생한다. 따라서 이 부분에서 R, G, B 의 값이 모두 0이 되지 않도록 적절한 값으로 보정해야 한다.

$$m_r = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} I_{r_i} \quad m_g = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} I_{g_i} \quad m_b = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} I_{b_i} \quad (3)$$

$$s_r = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} (I_{r_i} - m_r)^2} \quad s_g = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} (I_{g_i} - m_g)^2} \quad s_b = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} (I_{b_i} - m_b)^2}$$

식(3)은 정규화된 rgb 컬러 모델의 평균영상과 표준편차영상을 구하는 방법이다. 식(3)에서 m_r, m_g, m_b 는 정규화된 각 채널에 대한 평균영상이고, s_r, s_g, s_b 는 정규화된 각 채널에 대한 표준편차영상이다.

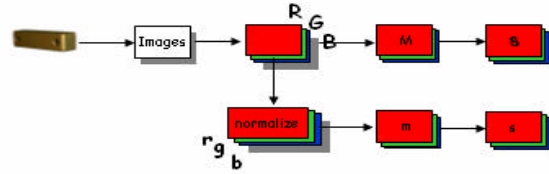
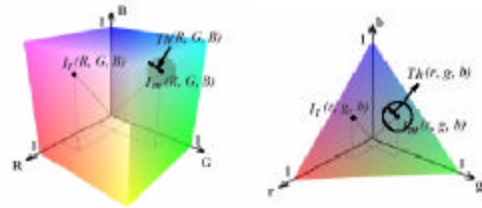


그림 1. 두 컬러 모델의 배경학습

그림 2는 두 컬러 모델의 배경영상과 입력영상에서 픽셀이 어떤 기하학적 의미를 갖는지를 나타낸다[7]. 그림 2에서 I_r 는 입력 영상의 한 픽셀을 나타내고, I_m 는 평균영상의 한 픽셀을 나타낸다. 기존의 방식은 그림 2(a)에서 $Th(R, G, B) = \sqrt{S_R^2 + S_G^2 + S_B^2}$ 와 그림 2(b)에서 $Th(r, g, b) = \sqrt{s_r^2 + s_g^2 + s_b^2}$ 보여진 것처럼 컬러의 채널 특성을 고려하지않은 단일 문턱값을 사용하였다.



(a)RGB 컬러모델 (b)정규화된 rgb 컬러모델

그림 2. 배경영상과 입력영상에서 픽셀이 갖는 기하학적 의미

제안된 방법에서는 기존 방법의 단점을 극복하기위해서 각 컬러의 채널 특성을 이용한 문턱값을 사용한다. 즉, 각 컬러 채널의 표준편차를 문턱값으로 사용한다.

배경 학습을 통해서 배경의 평균영상과 표준편차 영상이 구해지면, 그림 3의 과정을 통해서 배경으로부터 움직이는 물체를 분리할 수 있다. 그림 3에서 ‘-’는 각 픽셀에 대한 두 영상의 차이를 나타낸다. 그림 3에서 ‘>’는 각 픽셀에 대한 두 영상의 절대값 크기 비교를 나타낸다. 그림 3에서 ‘×’ 기호는 상수 값을 영상의 각 픽셀에 곱하는 것을 나타낸다. 그림 3에서 ‘+’ 기호는 두 영상의 논리적 AND 연산을 나타낸다. 그림 3에서 α 와 β 는 문턱치 값을 결정하는 임의의 상수를 나타낸다. 제안된 방법의 첫번째 단계에서는 배경으로부터 그림자가 포함된 움직이는 물체가 분리된다.

$$F = u(D_R - Th_R) + u(D_G - Th_G) + u(D_B - Th_B) \quad (4)$$

식(4)에서 D_R, D_G, D_B 는 각각 RGB 컬러 모델의 각 컬러 채널에 대한 현재 입력영상 (I_R, I_G, I_B)과 평균영상 (M_R, M_G, M_B)의 차이이다. Th_R, Th_G, Th_B 는 RGB 컬러 모델의 각 채널에 대한 표준편차이다. u 는 unit step 함수이며 0 이나 1 값을 갖는다. 따라서 F 는 $0 \leq F \leq 3$ 범위의 값을 갖게된다. F 값을 조정함으로써 배경영상으로부터 그림자가 포함된 움직이는 물체를 구한다. 그리고, 두번째 단계 이전에 분리된 움직이는

물체 영상을 rgb 컬러 모델로 정규화 시키고 이진화 시킨다. 그 다음 두번째 단계에서는 정규화된 영상을 입력으로 하여 첫번째 단계와 똑 같은 과정을 거치게 되면 그림자가 제거된 움직임은 물체만 분리할 수 있다.

$$f = u(D_r - Th_r) + u(D_g - Th_g) + u(D_b - Th_b) \quad (5)$$

식(5)에서 D_r, D_g, D_b 는 각각 정규화된 rgb 컬러 모델의 각 컬러 채널에 대한 현재 입력영상 (I_r, I_g, I_b)과 평균영상 (m_r, m_g, m_b)의 차이이다. Th_r, Th_g, Th_b 는 정규화된 rgb 컬러 모델의 각 채널에 대한 표준편차이다. 따라서 f 는 $0 \leq f \leq 3$ 범위의 값을 갖게된다. f 값을 조정함으로써 배경영상으로부터 그림자가 제거된 움직임은 물체만을 구할 수 있다.

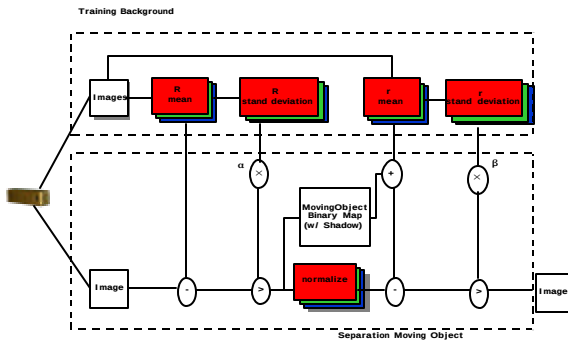


그림 3. 움직이는 물체 분리 알고리즘

3. 결과

그림 4는 각 컬러 채널에 대해 임의의 한 픽셀의 시간에 따른 변화량을 나타낸 것이다. 임의의 한 픽셀의 시간에 따른 변화량은 그림 4에서 보여지는 것처럼 각 컬러의 채널마다 서로 다르다. 따라서 각 컬러의 채널 특성을 고려하여 배경으로부터 움직이는 물체를 분리한다.

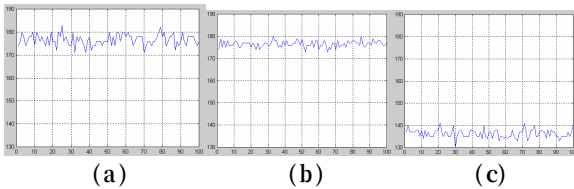


그림 4. 임의의 한 픽셀에 대한 컬러 값 변화량
(a)R: $m=176.64, \sigma=2.47$. (b)G: $m=176.53, \sigma=1.40$.
(c)B: $m=136.27, \sigma=1.89$.

그림 5와 6은 각각 RGB 컬러모델에서 관찰한 배경화면에 대한 평균영상과 표준편차영상이며, 각 컬러 채널에 대한 표준편차 영상은 스케일 하였다. 다양한 실내환경(형광등 점멸)에서 실험을 해 본 결과 실내환경에서는 각 컬러 채널의 변화량이 그림 1과 비슷한 결과를 나타냈다. 실험결과를 통해서 움직이는 물체를 RGB 컬러 모델을 사용해서 분리할 때 특정

컬러 채널을 무시한 단일 문턱 값 방법보다 voting 방법이나 각 컬러의 채널을 비교하는 방법을 이용해야 한다.

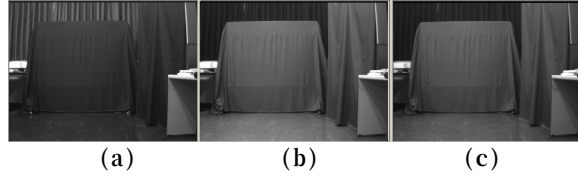


그림 5. RGB 컬러 모델에서 평균 배경영상
(a)R: $I_m=60.3021$ (b)G: $I_m=84.1146$ (c)B: $I_m=72.8770$

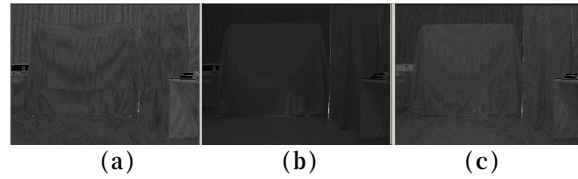


그림 6. RGB 컬러 모델에서 표준편차 배경영상
(a)R: $\sigma_m=1.7040$ (b)G: $\sigma_m=0.9978$ (c)B: $\sigma_m=1.5586$

그림 7과 8은 정규화된 rgb 컬러 모델에서 관찰한 배경화면의 평균영상과 표준편차영상이며, 각 컬러 채널에 대한 표준편차 영상은 스케일 하였다. 실험결과에 따르면 정규화된 rgb 컬러 모델에서도 각 컬러 채널의 변화량은 채널마다 각각 다르게 나타난다. 따라서 정규화된 rgb 컬러 모델에서도 RGB 컬러 모델과 같이 특정 컬러 채널을 무시할 수 없다. 따라서 앞에서 제시한 voting 방법이나 각 컬러 채널을 비교하는 방법을 이용해야 한다.

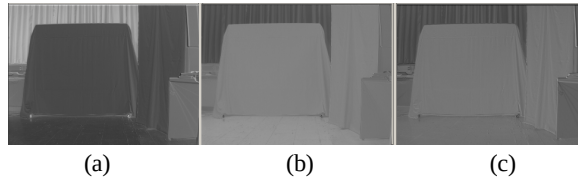


그림 7. rgb 컬러 모델의 평균 배경영상
(a) r: $I_m=0.2861$ (b) g: $I_m=0.3809$ (c) b: $I_m=0.3326$

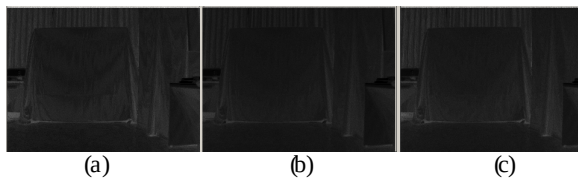


그림 8. rgb 컬러 모델의 표준편차 배경영상
(a) r: $\sigma_m=0.0089$ (b) g: $\sigma_m=0.0047$ (c) b: $\sigma_m=0.0047$

그림 9는 기존 방법의 컬러의 채널 특성을 고려하지 않은 단일 문턱값을 사용하여 배경으로부터 움직이는 물체의 그림자와 움직이는 물체를 분리한 결과 영상이다.

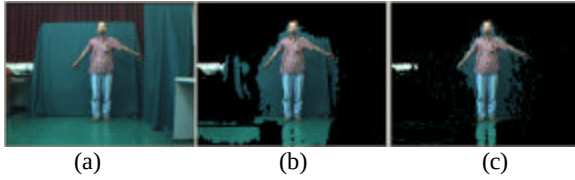


그림 9. 단일 문턱값을 이용한 방법
(a) 입력영상 (b) 그림자가 포함된 움직이는 물체영상
(c) 그림자가 제거된 움직이는 물체영상

그림 10은 각 컬러 채널에 우선순위를 둔 다음 voting하는 방법으로 움직이는 물체를 분리한 결과이다.

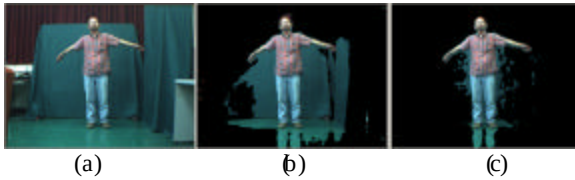


그림 10. Voting 방법
(a) 입력영상 (b) 그림자가 포함된 움직이는 물체영상
(c) 그림자가 제거된 움직이는 물체영상

그림 11 은 모든 컬러 채널에 대해서 문턱 값을 만족할 경우 움직이는 물체를 분리한 결과이다.

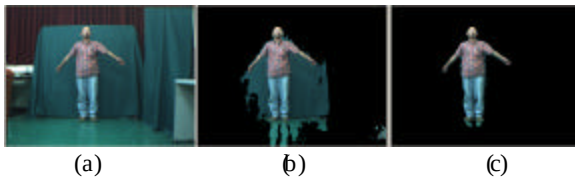


그림 11. 각 컬러 채널 비교 방법
(a) 입력영상 (b) 그림자가 포함된 움직이는 물체영상
(c) 그림자가 제거된 움직이는 물체영상

그림 9, 10, 11 에서 보여지는 것처럼 각 컬러의 채널에 대해서 비교하는 방법이 그림자를 제거하는데 상대적으로 voting 방법이나 단일 문턱 값을 이용한 것 보다 강건하다. 이는 그림 4,6,8 에서 보여진 것처럼 RGB 컬러 모델과 정규화된 rgb 컬러 모델에서 각 컬러 채널의 변화량은 서로 다르기 때문이다. 그리고 움직이는 물체로부터 그림자를 제거하려면 RGB 컬러 모델과 정규화된 rgb 컬러 모델을 함께 사용하는 것이 효과적이다. 따라서 확률에 기반한 방법으로 배경으로부터 움직이는 물체를 분리할 때, 컬러의 채널 특성을 고려하여 각 컬러 채널에 대한 문턱값을 사용하는 방법이 특정 컬러 채널에 대한 문턱 값만을 이용하거나 단일 문턱 값을 이용하는 방법보다 강건하다.

3. 결론

본 논문에서는 컬러의 채널특성을 고려한 RGB 컬러 모델과 정규화된 rgb 컬러 모델을 이용하여 움직이는 물체를 배경으로부터 분리하였다. 실험결과로 실내

환경에서 RGB 컬러 모델과 정규화된 rgb 컬러 모델의 각 컬러의 채널에 따라 컬러의 변화량은 서로 다르다. 따라서 움직이는 물체를 배경으로부터 분리하는데 각 컬러의 채널 특성을 이용해 각 컬러의 채널을 문턱 값으로 이용하는 방법이 상대적으로 voting 방법이나 단일 문턱 값만을 이용하는 방법보다 강건하다. 또한 움직이는 물체의 그림자를 제거하기 위해서 RGB 컬러 모델과 정규화된 rgb 컬러 모델을 이용한다. 이는 정규화된 rgb 컬러 모델에서는 컬러의 밝기 성분이 사라지기 때문이다. 제안된 방법의 장점은 각 컬러의 채널 특성을 이용한 문턱 값과 RGB 컬러 모델과 정규화된 rgb 컬러 모델을 이용해서 배경으로부터 움직이는 물체 분리이다. 향후 IBR이나 2.5D 비디오 아바타같은 응용 분야에 이용할 수 있고, 다중 배경학습을 통한 네비게이션이나 그림자 정보를 이용해 영상으로부터 광원의 위치를 추정하는데 이용할 수 있다.

참고문헌

- [1] C. Chu and K. Aggarwal, "The integration of image segmentation maps using region and edge information," IEEE Trans. on PAMI, vol. 15, no. 12, pp. 1241-1252, Dec. 1993.
- [2] M Chang, M Tekalp, and I. Sezan, "Simultaneous motion estimation and segmentation," IEEE Trans. on IP, vol. 6, pp. 1326-1333, Sept. 1997.
- [3] E. Francois and B. Chupeau, "Depth-based segmentation," IEEE Trans. on CSVT, pp. 237-239, Feb. 1997.
- [4] W. Woo, N. Kim and Y. Iwade, "Object Segmentation for Z-keying Using Stereo Images," in Proc. IEEE WCC-ICSP'00, vol.2, pp. 1249-1254, Aug. 2000
- [5] T. Horprasert, D. Harwood, and L.S. Davis, "A Statistical Approach for Real-time Robust Background Subtraction and Shadow Detection," Proc. IEEE ICCV'99 FRAME-RATE Workshop, Kerkyra, Greece, September 1999
- [6] Ahmed Elgammal, David Harwood, and Larry Davis, "Non-parametric Model for Background Subtraction," 6th European Conference on Computer Vision, Dublin, Ireland, June/July 2000.
- [7] N. Kim, W. Woo and M. Tadenuma, "Photo-realistic Interactive Virtual Environment Generation Using Multiview Cameras," in Proc. SPIE PW -EI-VC IP'01, vol. 4310, pp.xxx-xxx, Jan. 2001