

# 전반사 성분을 고려한 움직이는 물체의 영상 기반 재조명

김수현, 박종일

한양대학교 전자전기컴퓨터공학부

[tionny@empal.com](mailto:tionny@empal.com), [jipark@hanyang.ac.kr](mailto:jipark@hanyang.ac.kr)

## Image-Based Relighting of Moving Objects with Considering Specular Reflectance

Su Hyun Kim, Jong-II Park

Division of Electrical and Computer Engineering, Hanyang University

### 요 약

각각 다른 영상에서 추출된 배경이나 물체를 합성하고자 할 때 조명 조건의 이질감 때문에 자연스럽지 못한 영상이 얻어질 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 특히 전반사 성분의 위치와 모양이 사실적으로 처리되는 것이 중요하다. 기존의 많은 연구에서 정지된 물체에 대해 전반사 성분과 난반사 성분을 분리하여 다루는 방법이 제안되었는데 이러한 방법들을 토대로 본 논문에서는 동영상에 대한 적용 가능성을 확인한다.

정지한 물체에 대한 재조명을 위해서는 물체의 위치가 동일하고 조명 조건이 다른 두 개 이상의 이미지가 필요하므로 동영상의 연속된 필드들을 이용하여 이러한 조건을 유사하게 만족시키는 이미지 쌍을 만드는 방법을 먼저 제안한다.  $n$ 번째와  $n+2$ 번째 필드 간의 물체의 움직임을 추정하여 중간 위치의 합성 영상을 만들어 내면  $n+1$ 번째 필드의 물체와 동일한 위치와 모양의 영상을 얻을 수 있을 것이다. 이렇게 얻어진 합성 영상과 원래의  $n+1$ 번째 필드의 영상이 서로 다른 조명 조건을 가지고 있으면 정지된 물체에 행해졌던 영상 재조명 방법의 사용이 가능하며, 이 두 영상으로 전반사 성분과 난반사 성분을 분리하고 난반사 성분끼리의 선형 보간과, 전반사 성분끼리의 모핑(morphing) 과정을 통해 재조명된 영상을 생성한다. 이러한 과정을 거쳐 얻어진 결과 영상과 같은 조건의 정지 영상을 직접 재조명한 결과 영상을 비교하여 그 성능이 거의 차이가 없음을 확인할 수 있다.

### 1. 서론

영상을 합성하는 데 있어서 배경이 되는 영상과 합성되는 물체의 빛의 조건을 맞추어 주는 일은 합성 영상에서 느낄 수 있는 어색함을 줄이는 데 매우 중요한 요소이다. 특히 전반사 성분을 처리하는 것은 까다로운 문제이긴 하지만 사실적인 재조명 영상을 획득하는 데에 필수적이라고 할 수 있다. 이러한 이유로 영상에서 전반사 성분과 난반사 성분을 분리할 수 있는 알고리즘에 대한 많은 연구가 행해져 오고 있고[1][2] 정지한 물체의 영상을 가상 광

원에 의해 재조명하는 방법들도 제안되고 있다 [3]-[6].

본 논문에서는 이러한 영상 기반 재조명을 동영상 내에서 움직이는 물체에 적용해 보고자 한다. 먼저 정지한 물체의 영상으로 재조명된 영상을 얻는 방법을 생각해 보면, 영상 내에서 물체의 위치는 같고 조명 조건은 서로 다른 두 장의 영상이 필요하다. 이 두 장의 영상에서 각 화소 값의 비교를 통해 전반사 성분과 난반사 성분을 분리해 내고, 재조명된 영상을 합성할 수 있는 것이다. 그러므로 이러한 조건을 만족시키는 두 장의 영상을 동영상에서 획득

특해 낼 수 있다면 영상 기반 재조명이 가능하게 될 것이다. 동영상도 여러 장의 정지 영상으로 이루어져 있으므로 각 필드를 활용하여 움직인 물체의 움직임 보상 보간(motion-compensated interpolation)을 통해 원하는 영상의 쌍을 얻어낼 수 있다. 그림 1. 에 여기서 제안하고자 하는 내용의 개념을 나타낸다.

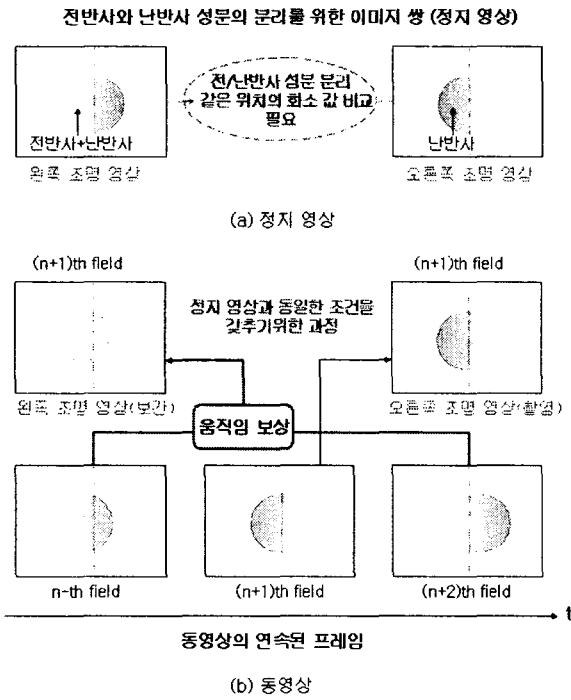


그림 1. 움직이는 물체의 영상기반 재조명 개요  
Fig. 1. Scheme of image-based relighting for moving object

본 논문에서는 동영상 시퀀스에 대하여 정지영상에 대한 영상 기반 재조명 기법을 적용하는 방법을 제안하고 실험을 통해 검증한다.

## II. 재조명에 사용할 이미지 쌍 획득 방법

임의의 가상 조명 환경에 맞는 재조명을 위해 2개 이상의 서로 다른 조명 환경에서 촬영한 이미지 쌍이 필요하다. 본 논문에서는 인터레이스 영상에서 홀수 필드와 짝수 필드에 서로 다른 조명 조건이 인가되도록 조정된 후 적절한 보간을 통해 정지영상의 경우와 등가적인 조건을 만드는 방법을 제안한다.

동영상에서 각 필드 간의 시간 차이는 그리 크지

않으므로 물체가 자연스럽게 움직이고 있다면 각 필드 사이에서 일어나는 물체의 움직임 또한 매우 작을 것이다. 그러므로 n번째 필드와 n+2번째 필드의 물체에 대하여 움직임 보상 보간을 통해 중간영상을 합성하면 n+1번째 필드의 물체와 거의 같은 모양, 같은 위치의 영상을 얻을 수 있다. 이 합성영상과 원래의 n+1번째 영상이 서로 다른 조명 조건을 가지고 있으면 영상 기반 재조명을 적용할 수 있는 이미지 쌍이 된다. 이와 같은 절차를 위해 사용될 동영상 모델을 그림 2. (a)에 나타내었다.

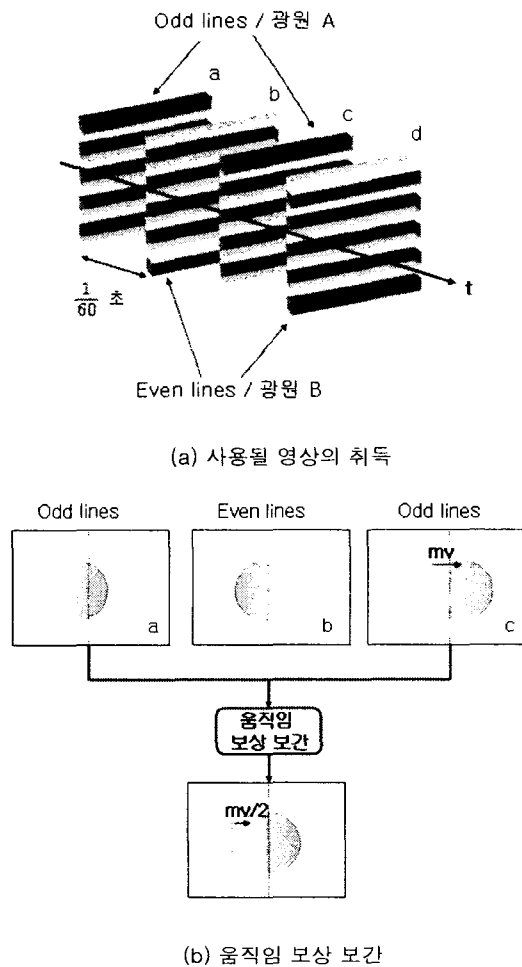


그림 2. 영상 취득과 움직임 보상 보간  
Fig. 2. Acquisition of images for test & Motion-compensated interpolation

본 논문에서는 움직임 추정 방법으로 블록 정합법(block-matching method)을 사용한다. 그림 2. 의 a, c 필드에서의 물체의 움직임 벡터의 1/2만큼을 이동시킨 영상은 b 필드와 같은 위치에 물체가

존재한다. 단, 여기서는 균일한 배경의 단일 물체만을 고려했으므로 오클루전(occlusion)이 발생하지 않아 이와 같은 방법이 효과적으로 적용될 수 있었으나 일반적인 상황에서는 보다 정교한 움직임 추정과 보간법이 필요할 것이다.

이러한 과정을 통해 얻은 n번째와 n+2번째 필드의 중간 영상은 그림 2. 에서와 같이 인터레이스 방식에 의해 원래의 n+1번째 영상과 서로 다른 even/odd line들을 가지고 있으므로 이것에 대한 처리 역시 필요하다. 만약 색상의 변화가 심하거나 글씨 등의 표현이 반드시 필요한 경우처럼 세밀한 line interpolation을 위해서는 복합적인 알고리즘을 이용하여 정확한 결과를 내야 하겠지만, 극단적인 색상의 변화가 없는 일반적인 경우라면 그림 3. 과 같은 단순한 알고리즘으로도 쉽게 구현할 수 있다.

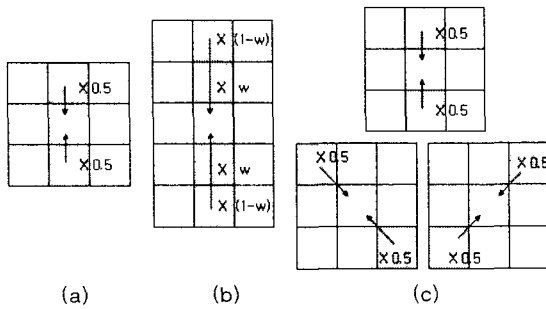


그림 3. Line interpolation

(a) 수직 방향 두 근접 픽셀. (b) 수직 방향 네 근접 픽셀. (c) 편차가 가장 적은 방향의 두 근접 픽셀.

Fig. 3. Line interpolation

세 방법 모두 장단점이 있으나 본 논문에서의 실험 결과, (b)의 방법은 blurring이 가장 심하고 (c)의 방법은 다양한 방향의 edge를 반영할 수 있는 알고리즘이지만 보통의 경우 계산량이 많은 것에 비해 (a)의 방법과 큰 차이가 나지 않았다.

### III. 전반사와 난반사 성분의 분리를 이용한 영상 기반 재조명

영상에서 전반사 성분과 난반사 성분을 분리해 내는 일은 쉽지 않다. 보다 정확한 분리를 위해서는 실제의 여러 광원을 이용하여 많은 영상을 획득하여야 하지만[7], 본 논문에서는 조명 조건이 다른 두 장의 영상으로 유사한 성능을 낼 수 있는 이병화

가 제안한 방법[3]을 이용하도록 한다.

전반사와 난반사 성분의 개념은 Shafer의 2색성 반사 모델(dichromatic reflection model)에 기반을 둔다[1]. 그림 4. 에서 표면 반사는 입사광의 스펙트럼에 비례하고 일반적으로 전반사 성분으로 나타나며, 내부 반사는 물체의 컬러 스펙트럼에 비례하고 난반사 성분으로 나타난다. 영상의 화소 값은 이 두 성분의 선형 결합으로 생각할 수 있다.

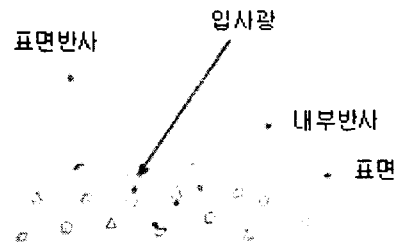
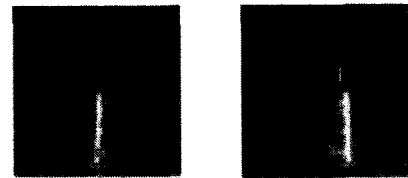


그림 4. 2색성 반사 모델

Fig. 4. Dichromatic reflection model

전반사와 난반사 성분은 RGB 컬러 공간에서 표현이 가능하다(그림 5.).



전반사 성분이 존재하는 화소

(a) 영상 A

난반사 성분이 존재하는 화소

(b) 영상 B

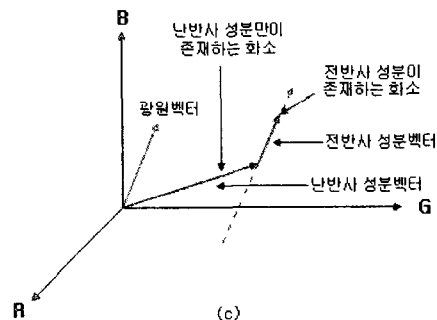


그림 5. 전반사 성분과 난반사 성분의 성질

Fig. 5. Property of specular and diffuse reflectance

그림 5.에서 난반사 성분만을 가지는 화소의 RGB 벡터를 구하면 전반사 성분을 함께 가지고 있

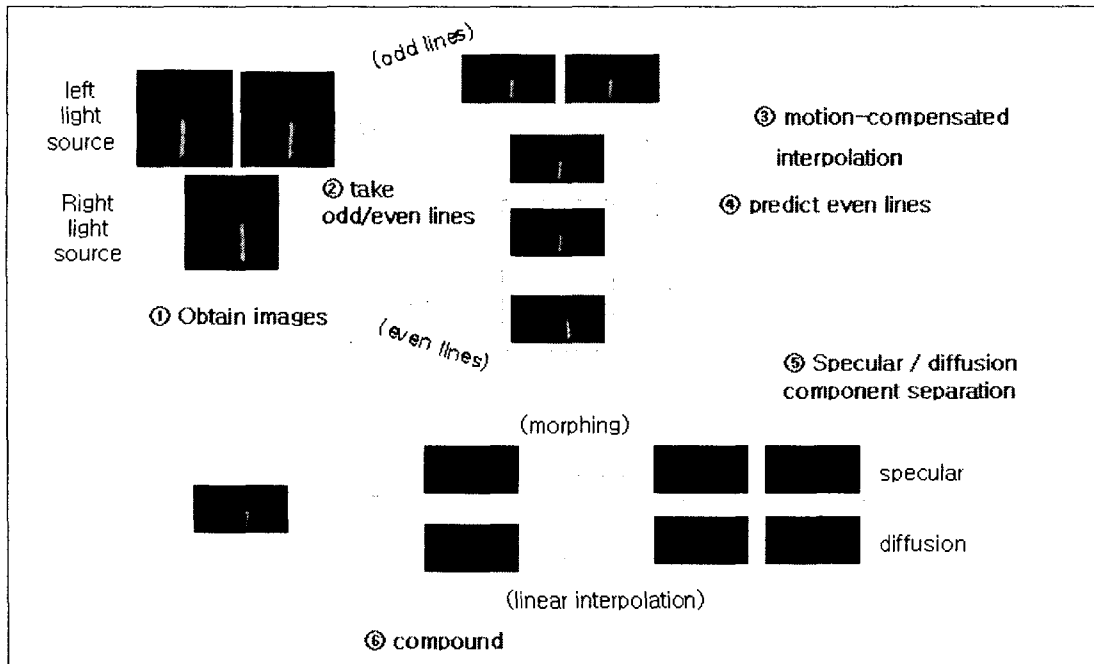


그림 6. 실험 진행 과정  
Fig. 6. Process of the test

는 화소에서의 난반사 성분을 구할 수 있다. 난반사 성분은 RGB 비율을 유지하면서 변하는 성질을 가지고 있기 때문이다. 노이즈 성분을 최소화시키고 최적의 결과를 낼 수 있는 알고리즘 또한 제시되어 있다[6]. 이러한 방법으로 분리된 난반사 성분과 전반사 성분은 각각 난반사 성분끼리의 선형 보간(linear interpolation)과 전반사 성분끼리의 모핑(morphing)과정을 통해 임의의 조명 환경에서의 영상을 합성할 수 있다[3].

#### IV. 실험 결과

앞서 제안된 알고리즘의 실험을 위해 그림 6.과 같은 과정을 진행하였다.

실험에 사용된 영상은 암실에서 물체를 이동시켜가며 연속적으로 획득하였고 크기는 256×256이다. 물체의 움직임 추정에 사용된 블럭의 크기는 16×16이었으며 line interpolation은 수직 방향 두 근접 픽셀의 평균을 취해 이루어졌다.

그림 7. (c)는 움직임 보상 보간의 결과로 (a), (b)의 중간 영상이 선명하게 얻어졌으나 line interpolation 과정을 거친 (d)에서는 원 영상보다 다소 blurring이 일어나는 것을 볼 수 있다.

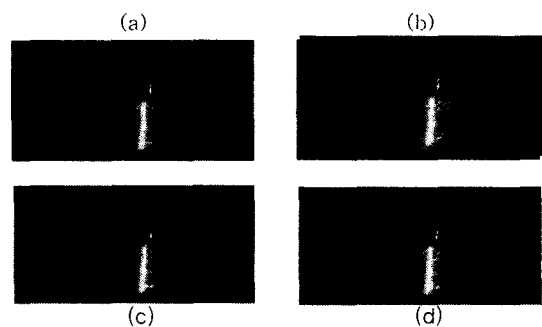


그림 7. 움직임 보상 보간  
(a) 원 영상 A, (b) 원 영상 B, (c) 움직임 보상 보간 결과 (odd lines), (d) line interpolation 결과(even lines)  
Fig. 7. Motion-compensated interpolation

그림 8. (g)는 본 논문에서 제안한 모든 과정을 거친 후의 재조명 영상이다. 실험 환경에서 물체의 재질에 따라 휘도포화가 나타날 수 있고, 단지 두 장의 영상으로 전반사와 난반사 성분의 분리를 수행하기 때문에 난반사만 존재한다고 가정한 화소에 그림자가 영향을 끼치거나 약간의 전반사 성분이 존재한다면 정확한 난반사 벡터를 측정할 수 없어 완벽하지 못한 부분이 있지만 지배적인 전반사 성분의 위치와 모양은 예상할 수 있는 모습과 유사하다.

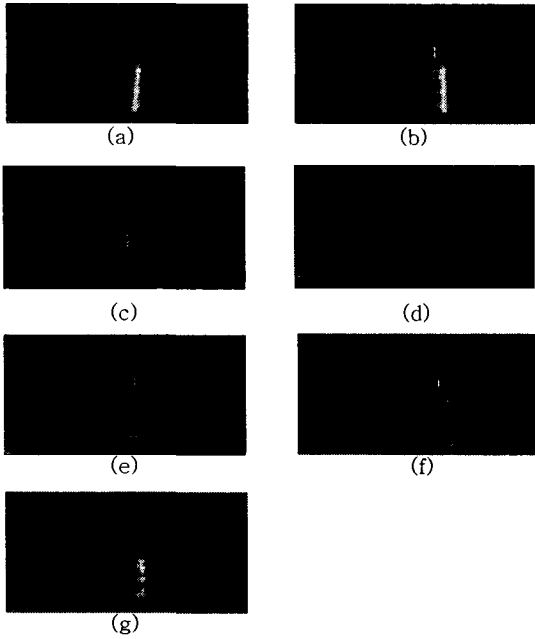
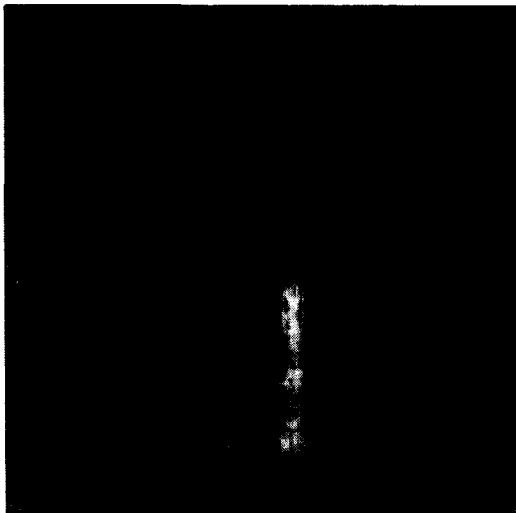


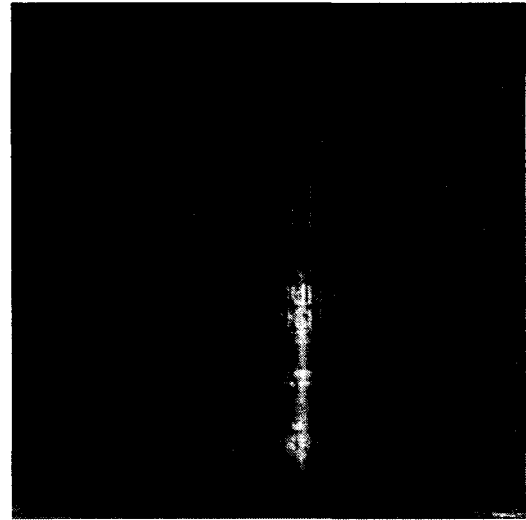
그림 8. 전반사와 난반사 성분의 분리와 재조명 영상  
 (a), (b) 광원의 위치가 다른 원 영상, (c),(d) 각각  
 (a),(b)의 전반사 성분, (e),(f) 각각 (a),(b)의 난반사 성  
 분, (g) (a),(b)의 중간 위치 광원에 대한 재조명 결과

Fig. 8. Separation of diffusion and specular  
 reflectance & relighted image

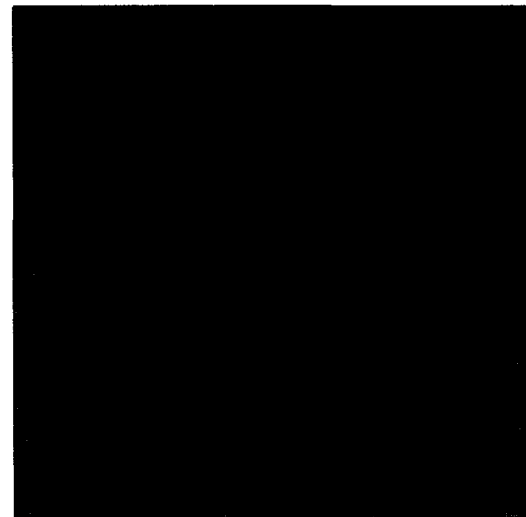
같은 조건의 정지 영상에 대해 재조명한 결과와  
 비교하면 다음과 같다(그림 9.).



(a) 움직이는 물체의 재조명 영상  
 (그림 8. (g)의 영상에 다시 line interpolation을  
 수행하여 구함.)



(b) 정지 영상의 재조명 결과



(c) (a), (b)의 차이 영상

그림 9. 결과 비교 (영상의 실제 크기)  
 Fig. 9. Comparison of the result images

본 논문에서 제시한 일련의 과정을 수행한 후 얻  
 어진 영상은 정지 영상의 재조명 결과와 비교하여  
 약간의 blurring을 제외하면 재조명 과정의 핵심  
 인 전반사와 난반사 성분의 분리와 합성에는 거의  
 성능의 차이가 없음을 확인할 수 있다.

본 논문에서 다룬 물체는 움직임이 단순하고 속  
 도가 빠르지 않은 경우에 국한된 것으로, 물체가  
 매우 급격하게 움직이거나 회전 등으로 인한 형태  
 의 변화가 생기는 경우에는 여기서 사용한 블록 정  
 합법으로 한계가 있을 수 있으므로 보다 정교한 형  
 태의 움직임 보간법이 필요할 것이다.

## V. 결론

본 연구에서는 기존에 정지 영상에서 이루어졌던 가상의 광원에 의한 영상 재조명 방법에 대한 동영상의 적용 가능성을 확인해 보았다. 동영상을 구성하는 각 필드 사이의 시간 간격이 매우 짧아 물체의 움직임이 크지 않을 것이므로 움직임 보상 보간을 통해 조명 환경이 다르고 물체의 위치는 거의 같은 영상을 만들어 낼 수 있고, 이를 통해 정지 영상에서 이루어졌던 영상 재조명 방법을 적용할 수 있었다.

움직이는 물체에 대한 영상의 경우, 정지 영상에 비해 합성 결과가 다소 흐려지는 면이 있었지만 전 반사와 난반사 성분의 분리와 합성에는 성능의 차이가 거의 없었다. 동영상이 보여지는 속도를 감안했을 때 약간의 blurring 현상은 큰 문제가 되지 않을 것이므로 여기서 제안한 방법은 동영상의 일반적인 물체를 표현할 경우에도 유용하게 사용될 수 있을 것으로 전망된다.

## 감사의 글

본 연구는 2003년도 한양대학교 교내 연구비에 의해 수행되었음.

## 참고 문헌

- [1] Shafer S., "Using color to separate reflection components," *Color Research and Applications*, 10:210-218, 1985.
- [2] Stephen Lin and Heung Yeung Shum, "Separation of diffuse and specular reflection in color images," *IEEE CVPR*, vol. 1 pp. 1 341 1 346, Dec. 2001.
- [3] 이병화, "전반사와 난반사 성분의 분리를 이용한 영상 재조명," 석사학위논문, 한양대학교, 2004.
- [4] H. J. Kim, "Virtualizing facial images considering lighting condition," 석사학위논문, 한양대학교, 2001.
- [5] Y.Mukaigawa, H. Miyaki, S. Migashi and T. Shakunaga, "Photometric image-based rendering for image generation in arbitrary

illumination," *ICCV* 2002.

[6] 이상화, 이병화, 박종일, "전반사와 난반사 성분 분리를 이용한 영상기반 재조명," 전기정보통신기술논문집 제13집, 2004.

[7] P. Debevec, Tim Hawkins, Chris Tchou, Haarm-Pieter Duiker, Westley Sarokin and Mark Sagar, "Acquiring the reflectance field of a human face," *SIGGRAPH* 2000.

[8] A. Murat Tekalp, "Digital video processing," *Prentice Hall*, pp 95-111, 1996.