

# 증강현실을 위한 실시간 광원정보 획득 방법 및 가상물체의 음영효과 적용

증강현실에서 몰입감과 사실성을 증가시키기 위한 광원정보 상황연계

## Real-time Shading Effect For Augmented Reality

조재환, Jaehwan Cho\*, 박진아, Jinah Park\*\*, 김종성, Jong-Sung Kim\*\*\*, 손욱호, Wookho Son\*\*\*\*

**요약** 증강현실은 실제환경에 가상물체를 합성하는 기술을 이용하고 여러가지 상황정보를 반영하여 가상물체가 실제환경에 있는듯한 느낌을 준다. 기존의 연구에서는 주로 가상물체의 좌표계를 실제환경과 일치시킴으로서 사실성을 주고 있다. 하지만 실제 환경의 주변광원이 가상물체에 사실적으로 적용되지 않으면 몰입감이 떨어지게 된다. 본 논문에서는 증강현실에서 가상물체에 실제환경의 상황정보 중 음영정보를 손쉽게 일치시키는 방법을 제안하여 사실성을 증가 시키고자 하였다. 음영효과는 주변광에 의해서 만들어지므로 가상물체를 합성할 위치 주변의 광원을 미리볼을 사용하여 쉽고 간단하게 획득하고 가상물체에 적용될 광원지도를 생성하는 방법을 제안한다. 또한, 본 논문에서 소개된 주변광원 정보 획득 및 음영을 적용 방법은 특수장비가 필요없고 실시간으로 처리가 가능하기 때문에 유비쿼터스 환경, 모바일 환경 등 폭 넓게 적용될 수 있다.

**핵심어:** 증강현실, 가상현실, 혼합현실, 미러볼, 상황연계

본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 IT신성장동력핵심기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [2007-S-018-01, 혼합현실기반 u-체험형 콘텐츠 운용플랫폼]

\*조재환 : 한국정보통신대학교 공학부 CGV연구실 학생 e-mail: [zerodin85@icu.ac.kr](mailto:zerodin85@icu.ac.kr)

\*\*박진아 : 한국정보통신대학교 공학부 CGV연구실 교수 e-mail: [jinah@icu.ac.kr](mailto:jinah@icu.ac.kr)

\*\*\*김종성 : ETRI 디지털콘텐츠 연구단 가상현실 연구팀 책임연구원 e-mail: [joskim@etri.re.kr](mailto:joskim@etri.re.kr)

\*\*\*\*손욱호 : ETRI 디지털콘텐츠 연구단 가상현실 연구팀 팀장 e-mail: [whson@etri.re.kr](mailto:whson@etri.re.kr)

## 1. 서론

증강현실은 가상의 물체를 현실에 있는것과 같이 합성하여 효과적으로 사용하는 기술이다. 사람이 물체를 인지하는데 여러가지 요소들이 작용하지만 시각적요소가 가장 크게 작용한다. 따라서 기존 카메라 기반 증강현실 기술은 가상환경의 좌표계와 실제환경의 좌표계를 일치시키는 방법을 이용하여 가상물체를 실제처럼 표현한다[1]. 이 방법은 단순히 위치만 실제적으로 보이고 가상물체에 적용되는 음영효과는 임의로 생성한 것이므로 부자연스럽다. 본 논문은 가상환경과 실제환경의 시각적 요소 중 음영정보를 사실적으로 만들기 위해 주변 광원정보를 획득하고 음영정보를 생성하는 방법을 제안한다.

또한, 본 연구에서는 특수한 장비 없이 기본 카메라와 모니터만으로 정확한 결과를 생성하는 시스템을 구축한다. 최근 가상의 물체를 위한 마커를 추적하는 기술로 기존의 시

각정보를 이용하는 방법 이외에 자기장을 이용하여 오차없이 정확한 추적이 가능하며[4] HMD나 3차원 디스플레이 등을 이용하여 더욱 실감나는 증강현실이 가능하다[1]. 하지만, 이러한 최근 기술은 특별한 하드웨어 장치가 요구되므로 실제 적용시 비용이 많이 들고 대중성이 떨어진다. 본 연구에서는 기본 하드웨어장치만 이용하여 최대한 오차를 줄이는 방법을 제안한다.

본 연구는 미러볼 이미지를 획득하고 광원지도를 생성하는 과정을 자동으로 처리하므로 실시간으로 처리가 가능하다. 기존 연구에서는 광원정보를 획득하는 측정 도구인 미러볼의 이미지를 얻는 것을 수동으로 하지만[3] 본 연구에서는 미러볼에 해당하는 이미지를 허프변환을 이용해서 자동으로 얻어지므로 실시간으로 광원정보를 획득 할 수 있다. 얻어진 미러볼이미지는 2D 이미지기 때문에 3D로 변환해야 정확한 광원지도(Light Map)을 생성할 수 있다. 또한, 2D 미러볼 이미지 속에서 광원의 위치를 찾기위해서 기존의 연구

는 HDR영상을 사용하였다[3]. HDRI는 기존 RGB 정보 이외에 빛 정보를 포함하고 있기 때문에 정확한 음영효과를 만들 수 있지만 단일 영상으로 HDRI를 생성 할 수 없기 때문에 실시간 환경에 적합하지 않다. 본 논문에서는 HDRI 대신 RGB영상을 이용해서 비교적 정확하게 광원 정보를 찾아내는 방법을 이용하여 실시간으로 광원지도를 생성하는 방법을 제안한다.

생성된 광원지도를 바탕으로 광원을 실제로 생성하고 가상물체에 적용하였다. 기존 연구중 미러볼의 노말벡터와 카메라벡터를 통해 광원의 위치를 추정하는 방법이 있다[2]. 기존 방법은 입력 이미지의 일부를 샘플링하거나 흐리게하는 효과(Blurring)을 통해 간소화 했지만 본 연구는 Flood fill 알고리즘을 이용하여 좀 더 정확한 광원 정보를 찾아낸다. 또한, 거리정보를 추정할 수 있는 방법을 제안한다.

본 논문의 구성은 2장에서 시스템의 개요와 알고리즘을 설명하고 3장에서 결과를 보여준다.

## 2. 시스템 개요 와 알고리즘

그림 1은 시스템의 개요를 나타낸다. 컴퓨터에 부착된 카메라로 마커와 미러볼이 찍힌 비디오 이미지를 획득한다. 찍힌 이미지는 시스템의 입력이 되고 다음 2단계를 걸쳐서 결과 합성 이미지를 생성한다[1].

첫째 단계에서는 입력이미지에서 마커를 찾아내 실제환경의 좌표계와 가상환경의 좌표계를 일치시키기 위한 모델뷰 행렬(Model-View Matrix)을 계산한다.

두번째 단계에서는 입력이미지에서 미러볼을 찾아내서 광원 위치를 추정한 후 광원지도를 생성한다.

위 두단계의 과정을 거쳐서 광원을 생성하고 적절한 음영 효과가 적용된 결과 합성 이미지를 생성한다.

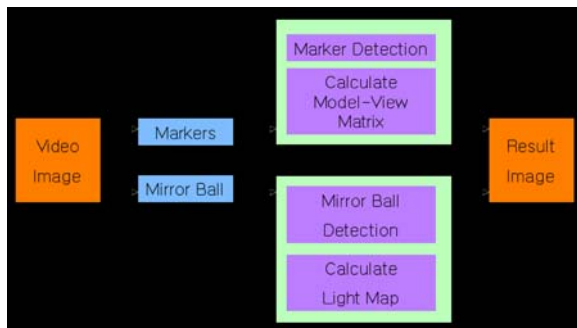


그림 1. 시스템 개요

### 2.1 좌표계 일치

좌표계 일치를 위해 사각형의 마커를 이용한다. 기존 ARToolkit의 방법인 이진 이미지에서 가장자리 검색(Edge Detection)방법을 통해 마커의 위치를 찾아낸다. 추정된 마커의 위치와 모양을 통해 모델뷰 행렬을 계산한다. 카메라의 위치에 따라 마커가 미러볼 등에 가려질 때를 대비해서 다중마커를 이용해서 구현하였다. 4개의 다중마커는 마커중 일부가 가려져도 1개만 인식이 가능하면 실행이 가능하므로(그림2) 시스템의 신뢰도를 높혀 줄 수 있다.

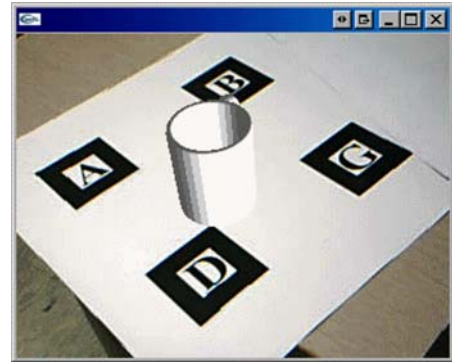


그림 2. 4개의 마커를 사용해서 구현한 모습

### 2.2 미러볼 위치 추정

광원 정보를 획득하기 위해 미러볼을 이용한다. 이미지상의 미러볼의 위치를 찾기 위해서 허프 변환(Hough Transform)을 이용하였다[5]. 먼저, 입력 이미지를 가장자리 검색을 통해 물체들의 윤곽선만 남긴다. 다음, 허프 변환을 통해 원에 가까운 윤곽선들을 찾는다. 모든 원들은 다음 식 (1)과 같은 매개방정식을 통해 나타낼 수 있다.

$$x = a + R\cos(\theta), y = b + R\sin(\theta) \quad (1)$$

허프 변환을 통해 주어진 R에 대해서 우리는 (a,b)를 찾아낼 수 있다. R값을 최소값부터 점차 늘려가면서 이미지에서 미러볼의 후보들을 생성한다. 이 중에서 허프 누적 값이 높으면서 (허프 누적 값이 높다는 것은 원에 가깝다는 것을 의미한다.) 히스토그램 값을 계산하여 미러볼과 가장 가까운 원을 찾아낸다.



그림 3. 입력(좌측)에서 허프변환과 히스토그램 값을 고려하여 미러볼 이미지를 추적

찾아낸 미러볼 이미지에서 가장자리 부분을 제거하고 미러볼 부분만 남긴다. 미러볼 이미지에 바탕은 RGB값이 (0,0,0)이고 미러볼 부분은 (1,1,1)인 구를 곱하여 생성할 수 있다.



그림 4. 이미지(좌)에 RGB값이 배경은 (0,0,0)이고 가운데만 (1,1,1)인 이미지(중)를 곱한 결과(우)

### 2.3 광원지도 생성

대체적으로 미러볼에서 광원의 위치를 찾아내기 위해서 HDRI (High Dynamic Range Image) 기술을 사용한다[3]. HDRI는 광원의 정보를 정확하게 담고있다. 하지만 HDRI를 생성하기 위해서는 다양한 노출값으로 찍힌 여러장의 사진이 필요하므로 RGB값만 존재하는 비디오 영상에서 실시간으로 처리될 수 없다. 본 시스템에서는 찾아낸 미러볼 이미지의 RGB를 기반으로 밝기(Brightness)와 대비(Contrast)를 조절해서 이미지의 가장 밝은 부분을 추정한다. 미러볼 이미지를 통해 광원의 공간적 위치를 추정하기 위해 먼저 극좌표 변환(Angular Transform)과 구형 변환(Spherical Transform)을 통해서 반구의 형태로 이미지를 3차원 재구성한다.

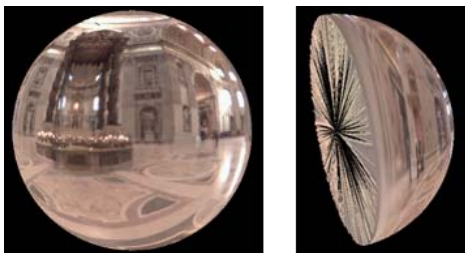


그림 5. 2D 미러볼 이미지를 (x,y) 에서 극좌표 변환을 통해 (r,θ) 로 나타낸후 구형변환을 통해 3차원 값 (x,y,z) 으로 복원한 모습

재구성된 반구에서 대비와 밝기를 조절하여 밝은 영역을 찾아내고 Flood Fill 알고리즘을 이용하여 광원에 해당하는 부분의 크기와 위치를 알아낸다.



그림 6. 좌측은 찾아낸 미러볼 이미지 오른쪽은 미러볼이미지를 대비와 밝기를 조정하여 광원 부분(흰색)을 추정한것

재구성한 3차원 구에서 광원부분의 법선 벡터를 계산하고 식(2)을 통해서 위치를 추정한다[2].

$$V_{light} = -2(V_{normal} \bullet V_{eye})V_{normal} + V_{eye} \quad \text{ㄹ}$$

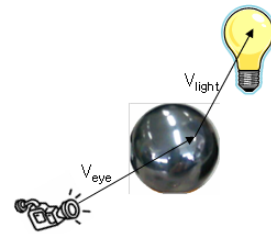


그림 7. 빛 방향 벡터 계산

빛 방향 벡터를 찾아낸 후 빛의 거리는 Flood Fill을 통해 찾아낸 영역이 클수록 가깝게 배치하였다. 이것은 가상으로 생성하는 빛의 세기가 모두 일정하다고 가정하면 가상물체에 가까운 빛이 더욱 강하게 작용한다.

### 2.4 환경맵핑(Environmental Mapping) 적용

2.3에서 재구성한 3차원 반구 텍스처를 이용하여 커다란 구형 환경을 만든후 가상물체에 텍스처를 적용하는 방법이다.



그림 8. 재구성 3차원 반구를 이용해 반구형 환경을 만들고 텍스처에 다시 재적용

환경맵핑을 이용하면 가상물체를 거울면과 같이 주위 환경을 반사하는 것처럼 만들 수 있지만 텍스처가 일부 왜곡

되는 현상이 나타난다.

## 2.5 결과 이미지 생성

결과 이미지는 좌표계 일치에서 구한 모델뷰 행렬을 가상 환경 좌표계에 적용해서 좌표계를 일치시키고 광원지도에서 광원의 위치와 색정보를 바탕으로 가상물체에 음영효과를 적용한다. 환경맵핑을 이용한 경우는 광원지도를 사용하지 않고 텍스처맵핑으로 결과를 생성한다.

## 3. 결과

결과는 Windows XP / Intel Core2 2.4GHz / 2.00Gb RAM 환경에서 평균 30fps 정도의 속도를 나타냈으며 소니 바이오 VGN-UX17LP (1.2Mhz Mobile CPU, 1Gb RAM)환경에서는 평균 15fps 정도의 속도를 나타내었다. 그림 9는 미러볼을 통하여 광원정보를 획득하여 적용한 경우 좀더 실감나는 표현을 할 수 있다. 그림 9에서 좌측 이미지는 그냥 임의의 광원을 가상 객체에 적용한 것이고 우측 이미지는 미러볼에서 얻은 광원 정보를 가상객체에 반영한 결과이다. 미러볼에서 카메라 뒤쪽에서 들어오는 광원이 반영되어 우측 이미지는 전면에 밝은 부분이 나타났다.



그림 9. 일반적인 라이트를 적용한 경우 (좌) 카메라 뒤쪽에서 오는 광원이 반영된 결과 (우)

미러볼 정보에서 RGB 색상값 실시간으로 광원지도에 반영하여 가상객체에 적용할 수 있다. 미러볼 이미지에서 얻어온 RGB 색정보를 광원 생성시 적용하여 그림 10에서와 같이 붉은 광이나 푸른광과 같은 색 정보를 반영 할 수 있다.

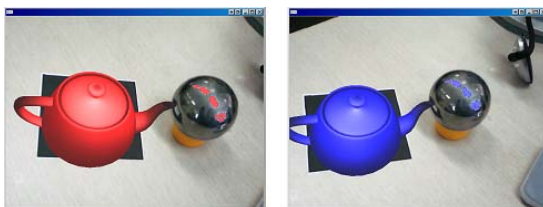


그림 10. 붉은 광원(좌) 푸른 광원(우)

광원의 위치가 실시간으로 광원지도에 반영되어 가상객체에 적용할 수 있다. 시스템은 실시간으로 처리가 계속 되기 때문에 그림 11에서 광원지도가 계속 바뀔 때 마다 가상객

체에 적용되는 음영효과가 실시간으로 반영되는 결과를 보여주고 있다.



그림 11. 광원위치가 변함에 따라 적용된 음영효과도 다르다.

광원지도를 이용하지 않아도 환경맵핑을 통해 가상객체를 표현할 수 있다. 광원지도를 이용하지 않고 미러볼이미지 자체를 텍스처로 변환하여 가상객체에 환경맵핑을 통해 적용하여 주변 정보를 가상객체에 반영 할 수 있다.



그림 12. 환경맵핑

환경맵핑 역시 광원위치에 따라서 텍스처변화가 실시간으로 반영된다. 환경맵핑도 실시간으로 처리되기 때문에 광원 정보에 따라 생성되는 텍스처의 변화에 따라 가상객체에 적용된 텍스처도 변화한다.



그림 13. 환경맵핑에서 광원위치에 따른 텍스처 변화

## 4. 결론 및 향후 연구 계획

본 논문에서 증강현실 상황에서 몰입감과 사실성을 증가시키기 위해 좌표계를 일치시키는 기존의 방법 이외에 광원지도와 음영효과를 생성하여 주변광 정보를 적용시키는 방법을 제안하였다.

제안된 방법은 기존의 방법에서 수동으로 처리하는 부분을 자동으로 설계하여 실시간 처리가 가능하게 하였다. 미러볼의 이미지를 찾는 방법을 허프변환과 히스토그램을 이용하여 자동으로 처리하였고 광원맵, 환경텍스처를 자동으로 생성하는 방법을 제안하였다.

실감나는 광원효과를 위해 광원정보 중 방향, 거리, 색을 추출하였다. 미러볼이미지를 3차원 재구성하여 노말벡터와 카메라 벡터를 이용하여 빛의 벡터를 찾아내었고 Flood Fill

알고리즘을 통해 빛의 영역을 찾아내 광원의 거리를 빛의 영역에 비례하게 적용하고 미러볼의 RGB값을 바탕으로 빛의 색을 적용하는 방법을 제안하였다.

환경맵핑 텍스처를 생성하고 적용하였다. 환경맵핑텍스처를 실시간으로 생성하고 재적용하는 방법을 사용하여 사실성을 증가 시켰다.

일반 데스크탑 이외에 휴대가 가능한 UMPC환경에서의 실험을 통해 유비쿼터스환경에도 적용할 수 있었다.

본 시스템은 기본적으로 미러볼을 사용해서 광원정보를 획득하므로 마커주변에 항상 미러볼이 설치되어야 한다. 유비쿼터스환경에서는 항상 미러볼을 설치하기가 힘들고 미러볼을 찾아내는 과정에서 오류가 발생할 수도 있으므로 광원정보를 미러볼대신 어안렌즈로 대체하여 적용하는 방법을 생각하고 있다. 또한, 현재의 환경맵핑에는 표면이 왜곡되어 보이는데 이것을 해결하는 방법을 개발하는 중에 있다.

## 참고문헌

- [1] Azuma, R.; Baillot, Y.; Behringer, R.; Feiner, S.; Julier, S.; MacIntyre, B. "Recent advances in augmented reality" IEEE Computer Graphics and Applications , Volume: 21 Issue: 6 , Nov/Dec 2001 Page(s): 34 -47.
- [2] M. Kanbara and N. Yokoya: "Geometric and Photometric Registration for Real-time Augmented Reality," Proc. ISMAR2002, pp. 279.280, 2002.
- [3] P. Debevec: "Rendering Synthetic Objects into Real Scenes: Bridging Traditional and Image-based Graphics with Global Illumination and High Dynamic Range Photography," Proc.SIGGRAPH' 98, pp. 189.198, 1998.
- [4] Andrei State, Gentaro Hirota, David T. Chen, William F. Garrett and Mark A. Livingston: "Superior Augmented Reality Registration by Integrating Landmark Tracking and Magnetic Tracking."
- [5] V.F. Leavers, Survey: which hough transform?. Computer Vision Graphics and Image Processing:Image Understanding 58 (1993), pp. 250~264.