

전역조명 기술과 증강현실의 만남

글 _ 윤동호, 고광희 _ 광주과학기술원 기전공학과 _ khko@gist.ac.kr

증강현실(Augmented Reality)은 현실에 기반을 둔 환경위에 가상의 정보 또는 객체를 더하여 표현하는 기법으로 하드웨어와 소프트웨어의 발전과 더불어 많은 관심을 끌고 있으며, 다양한 방향으로 응용되고 있다. 특히, 스마트폰의 발달과 더불어 증강현실 기술의 가치가 재조명 되고 있으며, 다양한 아이디어를 바탕으로 새로운 어플리케이션들이 등장하고 있다.

지금까지 연구되어 온 증강현실 기술은 주로 시각적인 증강에 초점을 두고 있다. 즉, 카메라를 통해서 실시간으로 들어오는 현실 영상 위에 적절한 가상의 정보를 매쉬업 하거나 객체를 증강시켜서 현실에는 없는 새로운 영상을 만들어가는 방식에 집중이 되어 있다. 이와 관련된 핵심 부분은 두 가지로 볼 수 있다. 먼저, 현실 공간을 인식하고 가상 공간과 정합하는 부분이다. 대표적인 방법은, 마커를 사용해서 마커의 위치, 방향성등을 찾아내고 이를 바탕으로 공간을 인식하는 것으로 ARToolKit과 같은 라이브러리를 통해서 쉽게 구현 할 수 있다. 마커 사용의 제약을 피하기 위해 이와는 별도로 마커가 없이 현실 공간을 인식하는 기술도 연구되고 있다. 다음으로, 인식된 현실 공간에 가상의 정보 또는 객체를 증강시켜 가상과 현실이 혼합된 이미지를 생성하는 것이다. 이를 위해서는 인식된

현실 공간 상의 원하는 위치에 가상 정보를 렌더링 해야 하며, 컴퓨터 그래픽스에서 연구되고 있는 렌더링 기술이 사용될 수 있다. 이 두 가지 기술은 자연스럽게 증강현실을 구현하기 위해 반드시 갖춰져야 할 것들이다.

가상 정보의 렌더링 측면에서 볼때, 단순 정보가 아닌 임의의 3차원 객체를 증강할 경우, 증강된 객체가 현실 환경과 조화를 이루도록 하는 것이 필요하다. 즉, 증강되는 객체가 주변 현실과 비교했을때, 이질감이 없도록 함으로써, 사용자로 하여금 자연스럽게 증강현실을 즐길 수 있도록 하는 것이다. 이러한 렌더링을 위해서는 주변 환경의 공간적 인식 뿐만 아니라 조명, 재질등과 같은 정보들도 추출을 해야 하고 이러한 것들을 사용해서 전역조명기술을 적용할 때 원하는 결과를 얻을 수 있다. 그렇지만, 주변 환경의 모델링 자체가 쉽지 않고, 증강현실의 특성상 실시간 계산이 바탕이 되어야 하기 때문에, 정적인 이미지 생성을 위해서 연구되고 있는 전역 조명 기술을 바로 적용하기에는 어려움이 따른다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 국내외 여러 연구팀이 관련 연구를 진행하고 있으며, 가능성이 많은 결과들을 보여주고 있다.

Nanyang Technological University팀은 light probe를

이용하여 주변 환경과 광원에 대한 정보를 얻어온 다음 환경 맵을 생성한 후, 이를 기반으로 전역조명 효과를 적용함으로써 그림 1과 같이 부드러운 그림자와 같은 다양한 현상을 나타내는 기술을 발표하였다 [1].

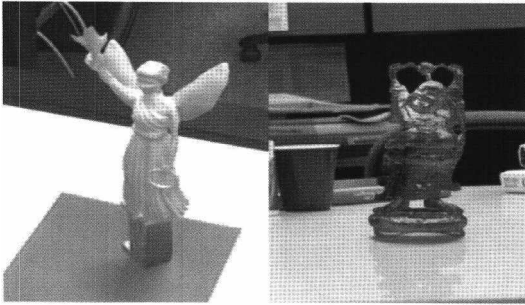


그림 1. Diffuse Map(좌), Glossy Map과 Texture(우)

이 기술은 광구를 이용하여 주변 환경을 획득한 다음, 그림2와 같이 환경 맵을 구성하고 이를 이용하여 이미지를 합성하는 방법을 취하고 있다. 광구를 렌더링하고자 하는 마커의 중앙 부분에 위치 시키고 환경 정보를 획득하였으며 획득된 환경 정보에서 측정된 광원 정보를 이용하여 그림자와 같은 효과들을 추가함으로써 사실성을 나타내는 성과를 보였다. 그러나 이는 물리적으로 정확한 결과가 아니라는 단점이 존재하고 있으며 주변 환경을 측정하기 위한 장비가 필요하다는 한계점을 지니고 있다.

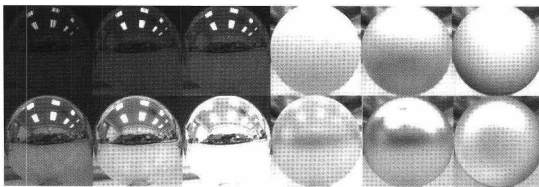


그림 2. 획득된 영상과 Diffuse map(1열), Glossy map(2열)

Virtual Reality and Multimedia Research Group(Informatics Center, Federal University of Pernambuco, Brazil)은 Lafortune의 Spatial BRDF를 이용하였는데, 우선 마커의 중앙 부분에 광구를 설치하여 환경 정보

를 획득한 후 diffuse, perfectly specular, glossy의 속성을 지닌 환경 맵들을 생성하고, 주변 물체들에 마커를 설치하여 위치 정보를 획득한다. 최종적으로 획득된 환경 정보와 환경 맵들을 조합하여, 그림 3과 같이 물체에 전역조명을 적용하였다[2]. 이러한 방식을 이용하여 컬러 블리딩이나 차폐 현상과 같은 다양한 효과들을 추가하였고 초당 15 프레임 정도의 렌더링 속도를 이뤄냈다. 렌즈 효과나 차폐 등과 같은 다양한 효과를 보이는 매우 흥미로운 접근 방법이지만 주변 환경 정보를 측정하는 장비가 필요하고 주변 물체들을 직접적으로 추적하는 것이 아닌 마커를 이용하여 위치 정보를 확인하는 한계를 지니고 있다.

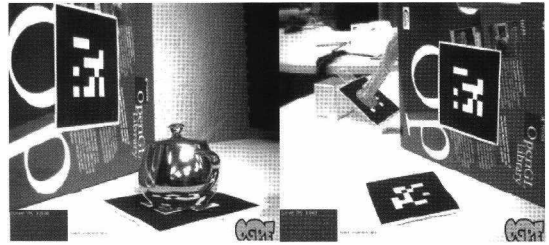


그림 3. Interactive reflection (left) and occlusion (right)

Institut für Informatik, Westfälische Wilhelms-Universität Münster팀은 사진 데이터로부터 별도의 추가 장비 없이 그림 4와 같이 큐브 환경 맵을 구성하고 전역 조명 효과 [3]를 나타내었다.

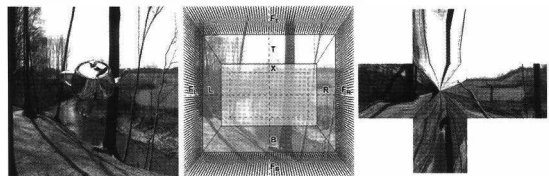


그림 4. 환경 맵으로의 변환

이 방식은 렌더링될 물체의 위치를 기준으로 하여 바운딩 박스를 설정한 후 설정된 바운딩 박스로부터 환경 맵을 구성한다. 이 환경맵을 사용해서 전역 조명

효과를 나타내었는데, 주변 환경 정보를 이용하지만 이를 통한 광원의 계측 혹은 상호작용 등이 없는 한계가 있다. 따라서 환경 맵을 이용하여 그림 5와 같이 그럴 듯한 물체의 반사 효과만을 나타낼 수 있다.



그림 5. Indoor Scene (left) Outdoor Scene (right)

Institut für Computervisualistik은 어안렌즈와 HDR 카메라를 이용하여 이미지 기반 라이팅을 위한 조명을 계산하고 이를 이용하여 전역 조명기술을 적용하였다[4]. 오프라인에서 노출 값이 다른 이미지를 합성하여 HDR 이미지를 구성하고 이를 구형의 광원으로 변형한 다음 실제적인 광원의 위치나 방향들은 고려하지 않고 처리한다. 그림 6에서 보여진 것 처럼 강하고 직선적인 조명의 느낌이나 부드럽고 약한 조명의 느낌은 바로 구형의 광원을 어떻게 생성하느냐에 달려 있다. 이미지 기반 라이팅의 문제점으로 외부의 광원이 고정적이지 않고 움직이거나 조도가 변하는 환경에 적용이 불가능하며, 가상 물체에 의해 광원이 차폐될 경우에 자연스럽게 못한 결과를 초래할 수 있다. 더불어 단순한 Diffuse한 물체와 Perfectly specular한 재질만 처리할 수 있는 제한이 있다.

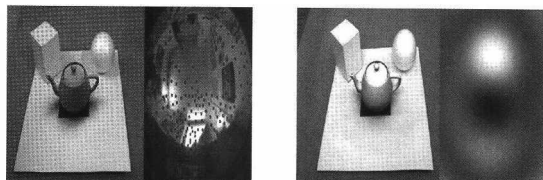


그림 6. HDR/어안렌즈를 이용한 광원 획득 시스템

Bauhaus-Universität Weimar의 CSM 연구실에서는 그림 7과 같이 마커의 기준점 위에 광구를 설치하여 비디오를 촬영한 후에 촬영된 이미지 시퀀스를 이용하여 광원의 정보를 얻기 위하여 측지선 (geodesic) 파노라마 뷰로 펼친 후 미리 계산된 폼팩터 맵과의 연산을 수행하였다.

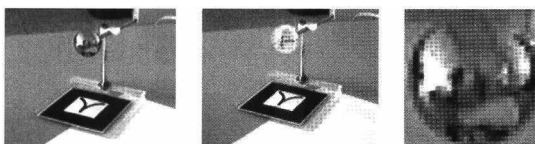


그림 7. Light Probe를 이용한 광원 획득 시스템

계산된 결과를 이용하여 6면체의 광원 정보를 가진 환경맵을 재구성하였다.

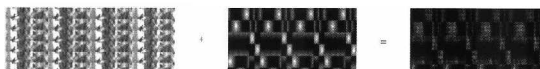


그림 8. 미리 계산된 폼 팩터와 이미지 시퀀스의 연산

재구성된 환경 맵을 통하여 그림 9와 같이 오브젝트를 실시간에 합성하는 결과를 이루어냈지만 자세한 광원의 정보를 추적할 수 없고 대략적인 정보만을 알아내어서 사용하였기 때문에 그림자와 같은 좀더 자세한 효과들에 대해서는 나타내지 못하는 단점이 존재한다.

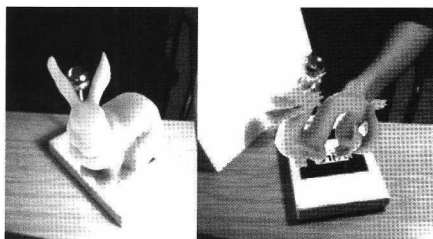


그림 9. 이미지 합성 결과

ETH Zurich의 Computer Vision and Geometry Group은 방송에서 쓰이는 스포트라이트가 가려져있

기 때문에 어렵게 번색된 영역을 어안렌즈 카메라로부터 찾아내어 광원의 위치를 추적한 후 위치를 점 광원으로 근사시킨 다음 비디오 이미지에서 그 점으로부터의 픽셀간의 분산 정도를 파악하여 조도와 광원의 색상을 추정한 후 찾아낸 광원 정보를 이용하여 가상의 객체에 대한 조명 연산을 실시하였다 [6]. 이들은 그림 10과 같이 실험 환경과 어안 렌즈 카메라와 일반 카메라들을 설치한 후 들어오는 이미지를 분석하여 영상 분할과 광원 추적을 실시하였다.



그림 10. 어안 렌즈를 이용한 광원 추적 시스템

두 개의 카메라를 이용하여 실험 환경을 촬영한 후 깊이 맵을 생성하고 테이블이 있는 곳을 지정한 다음 영상을 분할하였다. 더불어 그림 11과 같이 어안렌즈 카메라로부터 촬영된 영상들을 이용하여 광원의 정보를 추적하고 이를 이용하여 광원들의 위치를 재구성하였다.

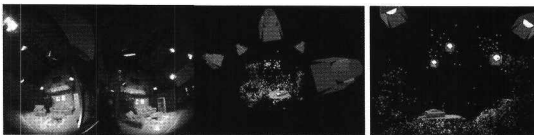


그림 11. 어안 렌즈를 이용하여 획득한 이미지

추정된 결과를 바탕으로 그림 12와 같이 그림자 맵을 생성하고 최종 결과물을 완성하였다.



그림 12. 그림자 맵과 합성된 이미지

그러나 이 방법은 어안 렌즈를 통하여 촬영된 데이터를 연산하기 위한 사전 연산 작업이 필요하고 촬영된 두 개의 이미지를 대응시켜서 깊이 맵을 생성한 후에 수작업으로 증강시킬 위치를 지정해야 하기 때문에 상호작용이 불가능하고 광원의 위치가 변경될 경우 다시 연산을 수행해야 하는 단점이 존재한다.

HIT Lab Newzealand은 그림 13과 같이 중간 결과물로서 증강된 반투명 재질의 물체에 의하여 물체 뒤의 영상들이 굴절되는 효과를 AR에 적용 하였다[7]. 계속 진행되는 연구이고 자세한 연구 내용에 대해서는 아직 미공개인 상태이지만 매우 흥미로운 연구 중 하나라고 할 수 있다.



그림 13. Refractive AR

INRIA의 Computer Science Group에서는 그림 14와 같이 추출된 지형 정보를 바탕으로 그림자를 추출하고 추출된 그림자로부터 광원의 정보를 파악한 후 가상 물체에서 그림자를 생성하고 실제 그림자와 합성하는 연구를 수행하였다[8]. 이 방법은 하드 새도우의 외곽선을 추출한 다음 여기로부터 광원의 위치와 그림자의 스케일링 팩터를 추출하여 가상의 그림자를 만드는데 그림자의 스케일링 팩터는 입력 영상의 그림자 부분과 비그림자 영역의 RGB 값의 비로써 나타내게 된다.



그림 14. 실제 광원을 이용한 Common Illumination

그러나 이 방법은 하드 새도우만을 사용하고 하나의 광원에 대해서만 고려하였기 때문에 주변의 광원 정보나 환경 정보는 무시하는 단점이 존재한다. 또한 같은 연구실에서는 실제 조명과 가상 광원을 이용하여 가상 물체와 실제 물체를 재조명하였다[9]. 이 연구에서는 4개의 카메라로부터 영상을 획득한 후 대응 작업을 통하여 깊이 맵과 함께 물체들의 위치를 뽑아내는 작업을 수행한 후 가상의 물체를 삽입하거나 가상의 광원을 삽입하고 혹은 실제 광원의 그림자를 제거하는 등의 시도를 수행하였다.

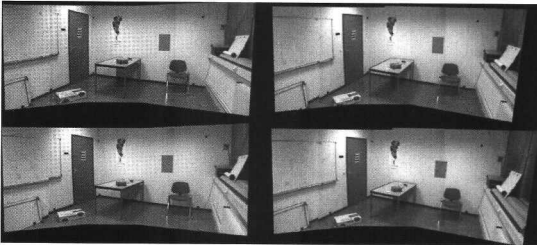


그림 15. Novel Illumination

그림 15에서와 같이, 이를 이용하여 좋은 결과를 나타내었으나 그림 16의 네 번째 영상에서 보는 것처럼 실제 그림자를 제거할 때 부적절한 결과를 나타내는 단점이 존재하며 영상을 바라보는 카메라의 시점이 고정되어 있기 때문에 만약 시점이 변경될 경우 처음부터 다시 계산을 해야 하는 문제점이 존재한다. 아울러 영상을 이용하여 물체를 3D 모델로 변환하는 것에도 부정확함이 존재한다



그림 16. 생성된 결과 이미지

NAIST의 Vision and Media Computing lab은 마커 위에 Mirror ball을 설치한 후 여기에서 얻어지는 광원 맵 정보를 추정하고 이를 이용하여 그림자를 표현

하는 연구를 수행하였다[10]. 그림 17에서 보는 것과 같이 입력된 영상으로부터 마커를 인식한 후 인식된 마커로부터 변환 행렬을 구하는 연산을 수행한 다음 미러 볼 혹은 광구를 이용하여 주변으로부터 들어오는 광원의 정보를 획득하게 된다.

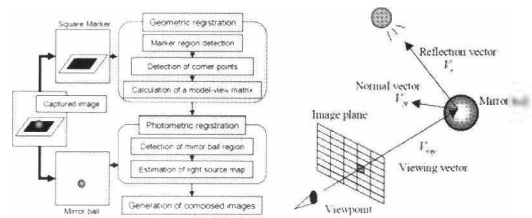


그림 17. 전체 프로세스와 개념도

획득된 광원의 정보와 변환 행렬을 이용하여 가상 물체를 증강시키고 물체의 그림자를 증강시키는 연산을 수행하여 그림 18과 같은 결과를 얻을 수 있었다. 그러나 이 연구는 미러 볼을 이용하여 광원 정보를 얻어내야 하는 제한이 존재한다.



그림 18. 가상 그림자 합성 결과

Multimedia Information Processing 연구실에서는 Open-RT 기반의 증강현실 시스템[11]을 구축하였는데 그림 19에서 보이는 것처럼 광원을 점 광원으로 가정된 후 깊이 카메라를 이용하여 깊이 정보를 만들고 객체와 실제 물체로부터 생기는 상호 차폐 현상을 조명에 적용한 그림자 맵을 형성하여 그림자와 빛을 장면에 대하여 정확히 표현하려고 하였다. 그러나 실제적으로 3차원의 정보를 가지지 않는 실제 객체는 가상 객체의 변경에 대한 상호작용이 어렵기 때문에 양방향의 현실성이 떨어지는 문제점이 있다. 실제로 이 연구에서

는 물체의 증강과 차폐에 대하여는 연구가 잘 수행되었으나 이는 깊이 카메라에 의하여 생성되는 깊이 맵에 의존하기 때문에 이와 같은 장비를 반드시 구비해야 하는 단점을 지니고 있다. 다만 모든 데이터를 3D로 구성하였기 때문에 사후 연산 작업이 필요하다는 제한을 제외한다면 이후 다양한 연구에 적용이 가능할 것으로 보인다.



그림 19. 깊이 카메라를 이용한 증강 현실 시스템

중앙대학교 컴퓨터그래픽스 및 미디어 연구실은 전방위 카메라를 이용하여 주변 데이터를 읽어 들인 후 환경맵을 생성하여 그림 20과 같이 물체를 그려낸 연구를 발표하였다[12].



그림 20. 전방위 카메라를 통해 생성된 환경맵을 이용한 렌더링 결과

그림 21과 같이 전방과 후방의 영상을 카메라로부터 획득한 후 전체 영상을 하나의 3차원 장면으로 재구성하게 된다.

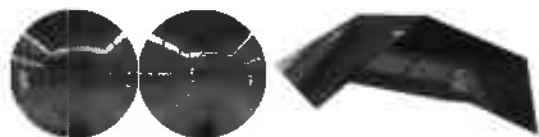


그림 21. 전방위 카메라로부터 획득된 영상들과 재구성 이미지

이를 이용하여 그림 22와 같은 환경 맵을 구성하는데 여기서 광원 정보를 샘플링하여서 사용하게 되고 이 광원 정보는 그림에 표시된 붉은 점과 같다.



그림 22. 재구성된 환경 맵과 광원 샘플링 결과

이러한 결과를 바탕으로 좋은 결과를 나타내었으나 역시 일반적인 카메라가 아닌 전방위 카메라를 사용하여야만 하는 단점이 존재한다.

증강 현실 환경에서 가상 물체의 사실적 렌더링을 위한 시도는 많이 이루어져 왔다. 그렇지만, software와 hardware의 한계 및 증강현실의 실시간성으로 인해, 기존의 렌더링 방법을 직접 적용해서는 제한적인 결과만을 얻을 수 있다. 가상물체의 사실적 렌더링 기술은 증강현실의 적용성을 한 단계 높일 수 있는 기술이며, 향후 많은 발전이 있을 것으로 예상된다.



참고문헌

1. K. Agusanto, L. Li, Z. Chuangui, and N. W. Sing, "Photorealistic rendering for augmented reality using environment illumination", Proceedings of the 2nd IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality, 2003.
2. S. A. Pessoa, G. S. Moura, J. P. S. M. Lima, V. Teichrieb, and J. Kelner, "A Global Illumination and BRDF Solution Applied to Photorealistic Augmented Reality," pp.243-244, 2009 IEEE Virtual Reality Conference, 2009.
3. R. Timo, W. Steffen and H. Klaus H, "Virtual Reflections for Augmented Reality Environments", Proceedings of the 14th International Conference on Artificial Reality and Telexistence (ICAT04).
4. F. Scheer, O. Abert and S. M?ller, "Towards Using Realistic Ray Tracing in Augmented Reality Applications with Natural Lighting", 4. GI Workshop ARVR, Weimar, 2007.

5. S. Heymann, A. Smolic, K. Müller and B. Froehlich, "Illumination reconstruction from real-time video for interactive augmented reality", Relation ICVIP '05 and WIAMIS '05. CD-ROM: International Conference on Video and Image Processing, Montreux/Switzerland.
6. J. Frahm, K. Koeser, D. Grest. and R. Koch. "Markerless augmented reality with light-source estimation for direct illumination," CVMP' 05, London (2005) .
7. HIT Lab, 2007~ Ongoing, New Zealand.
8. K. Jacobs and J.-D. Nahmias, "Automatic generation of consistent shadows for augmented reality", Graphics Interface, 2005.
9. C. Loscos, G. Drettakis and L. Robert. "Interactive Virtual Relighting of Real Scenes" - IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics 2000.
10. M. Kanbara and N. Yokoya, "Real-time Estimation of Light Source Environment for Photorealistic Augmented Reality", Proceedings of the Pattern Recognition 17th International Conference, 2004.
11. MixIn3D: 3D Mixed Reality with ToF-Camera LNCS Vol. 5742, Proceedings of the DAGM 2009 Workshop on Dynamic 3D Imaging, Jena, Germany. pp.126-141, 2009.
12. Y. H. Hwang, and H. K. Hong, " Reconstructing Illumination Environment by Omnidirectional Camera Calibration " LNAI , vol.4304, pp. 529-535, Dec. 2006.