

집적 영상 시스템을 위한 향상된 이미지 매핑 방법

이빛나라¹, 조용주², 민성욱³, 박경신³
상명대학원 컴퓨터학과¹
상명대학교 미디어학부²
한국정보통신대학교 디지털 미디어 연구소³
hlstyle79@gmail.com¹

Enhanced Image Mapping Method for Computer-Generated Integral Imaging System

Bin-Na-Ra Lee¹, Yongjoo Cho², Kyoung Shin Park³, Sung-Wook Min³
Department of Computer Science SangMyung University¹,
Division of Media Technology SangMyung University²,
Digital Media Lab Information and Communications University³

요약

집적 영상(Integral Imaging) 시스템은 관찰자가 특수안경의 착용 없이 육안으로 3 차원 영상을 볼 수 있는 무안경식 양안시차 디스플레이 방식 중 하나로, 수직, 수평 시차와 충전연색의 영상을 제공한다. 집적영상 시스템은 3 차원 정보를 2 차원 엘리멘탈 이미지 (Elemental image)의 형태로 저장하는데, 엘리멘탈 이미지는 조금씩 다른 방향에서 제한된 크기로 촬영된 이미지이다. 엘리멘탈 이미지는 컴퓨터 그래픽으로 만들어질 수도 있는데, 이를 이용하는 집적 영상 방식을 CG 직접 영상 시스템이라 한다. 이와 같이 컴퓨터 계산에 의해 엘리멘탈 이미지를 얻는 과정을 이미지 매핑 (Image mapping)이라 부른다.

이제까지 제안된 이미지 매핑 방식에는 점대점 (Point to Point), MVR (Multi-Viewpoint Rendering), PGR (Parallel Group Rendering) 이 있다. 그러나 이런 방식들은 계산량이 많거나 렌즈 어레이 개수의 증가에 의해 속도에 영향을 받는 단점이 있어, 아직 가상현실 같은 실시간 CG 응용 분야에 사용하기 어려운 문제가 있다.

본 논문에서는 VVR (Viewpoint Vector Rendering)이라는 기존의 방법과 비교해 향상된 새로운 이미지 매핑 방법을 제안한다. 먼저 VVR 개념을 자세히 설명한 후 VVR 을 사용한 집적 영상 시스템을 구현하여 MVR 방법과 비교 분석한 실험결과와 개선되어야 할 방향을 제시한다.

Keyword :Integral Imaging, 집적 영상, VVR, MVR

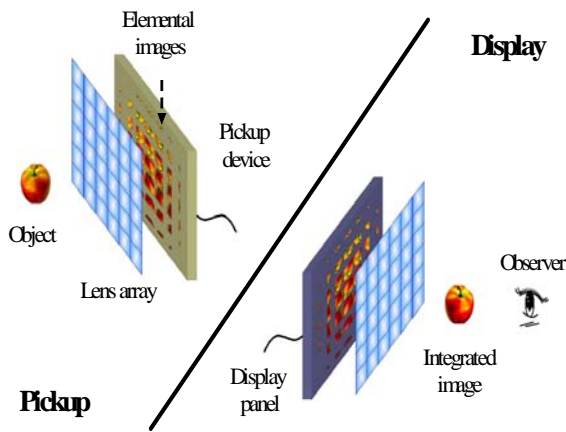
1. 서론

가상 현실 (Virtual Reality)은 사실감 있는 정보를 실시간 컴퓨터 그래픽을 이용해 보여주며 관찰자로 하여금 가상 환경과 상호작용을 할 수 있도록 지원하는 시스템 전반을 말한다 [1]. 가상 현실 시스템은 크게 디스플레이 시스템, 렌더링 엔진 (Rendering engine), 트래킹 (Tracking) 시스템으로 구성되어 있다. 이 중 인간의 정보 습득 의존도가 시각에 가장 큰 영향을 받는다는 점 때문에 3 차원 디스플레이 시스템에 대한 연구가 활발

하게 이루어지고 있다.

지금까지 개발된 3 차원 디스플레이 방식으로 양안시차방식 (Stereoscopic), 부피표현 방식 (Volumetric), 홀로그래픽 방식 (Holography) 등이 있고, 현재 가상현실 시스템에 양안시차 방식이 가장 보편적으로 사용되고 있다. 그러나 양안시차 방식은 사실적 입체 표현이 가능하지만, 연속적인 시차 정보를 제공하지 못한다. 즉 관찰자에게 영상의 깊이감만을 전달할 뿐 공간 정보는 전달하지 못한다. 또한 셔터글라스 (Active shutter glass)

나 편광안경 (Polarization glass) 같은 특수한 장비를 관찰자가 착용을 해야 하므로 즉시성이 떨어진다. 이러한 즉시성 문제를 해결하기 위해, 관찰자가 착용을 해야 하는 장비들을 디스플레이 장치에 설치하여, 육안으로 3 차원 입체 영상을 관찰할 수 있는 무안경식 양안시차 (Auto-stereoscopic) 기술이 개발됐다 [2]. 하지만 여전히 고정되거나 제한된 시차만을 제공하므로 제한적이라 할 수 있겠다 [2]. 하지만 최근에 주목을 받는 집적 영상 시스템 (Integral Imaging System)은 무안경식 양안시차 방식임에도 불구하고, 마치 부피표현 (Volumetric) 디스플레이 방식처럼 연속된 시차를 제공해 주는 장점이 있다 [3].



(그림 1. 집적 영상 시스템 개념도)

집적 영상 시스템의 기본적인 원리는 1908 년 Lippman 이 처음 제안하였다 [4]. (그림 1)은 집적 영상 시스템의 개념도로 3 차원 정보를 렌즈 어레이 (Lens array)를 통해 다른 시점에서 찍은 2 차원 이미지인 엘리멘탈 이미지 (Elemental image)를 생성하는 픽업 과정을 거친다 [5]. 이렇게 생성된 엘리멘탈 이미지들은 미리 결정된 조금씩 다른 방향들로부터 정해진 크기로 촬영된 사진들이다. 이 반복되는 영상을 가진 사진들의 주기와 렌즈 어레이 주기와 차이를 이용하여 깊이 정보를 저장하고, 연속된 시차를 제공할 수 있게 된다.

따라서 표현하고자 하는 3 차원 영상정보에 대해 일련의 계산을 통해 엘리멘탈 이미지를 만들어 낼 수 있다. 이와 같이 컴퓨터 계산에 의해 생성

된 엘리멘탈 이미지를 이용하는 집적 영상 방식을 CG 집적 영상이라 부르고, 엘리멘탈 이미지를 얻는 과정을 이미지 매핑 (Image mapping)이라고 한다.

본 논문에서는 VVR (Viewpoint Vector Rendering) 이라는 기존의 이미지 매핑 방법에 비해 향상된 방식을 제안한다. VVR 은 표현하는 대상의 크기나 시스템에서 사용하는 렌즈 어레이 개수에 영향을 받지 않아서 실시간 처리에 유리하다. 그리고 집적영상 시스템의 디스플레이 모드, 즉 포커스드 모드 (Focused mode) 뿐만 아니라, 리얼 모드 (Real mode)와 가상모드 (Virtual mode)에서 다 사용할 수 있도록 확장한 것으로, 촬영된 이미지를 픽셀이 아닌 배율로 적합한 크기로 잘라 처리하여 엘리멘탈 이미지를 만드는 방법이다.

본 논문에서는 VVR 의 개념을 설명하고 기존 방법과 비교 분석한 실험결과를 제시한다. 또한 VVR 을 사용한 집적 영상 시스템을 구현하여 실시간 3D 입체 영상을 보여준다.

2. 기존의 이미지 매핑 방법들

기존에 제안된 CG 집적 영상 시스템에서의 이미지 매핑 방법으로 점대점 (Point to Point) [6], MVR (Multiple Viewpoint Rendering) [7], PGR (Parallel Group Rendering) [8]이 있다.

점대점 방식은 이미지 매핑 방법들 중에서 가장 간단한 알고리즘이다. 이 방법은 화면에 표시할 개체의 모든 점들을 엘리멘탈 이미지들의 픽셀에 대응시켜 만들어 낸다. 즉, 대상물의 픽셀 하나가 적당한 엘리멘탈 이미지들에 위치하게 되고, 이 과정을 모든 대상물의 점에 대해 적용시키는 것이다. 점대점 방식은 구현이 간단하지만 대상물의 모든 점들에 대해 엘리멘탈 이미지들을 만드는 계산이 수행 되므로 대상물의 크기가 커짐에 따라 계산량이 늘어나 실시간 처리가 불가능하다는 치명적인 단점이 존재한다.

MVR 은 집적 영상 시스템이 렌즈 어레이를 이용하여 엘리멘탈 이미지를 픽업하는 과정을 컴퓨터를 이용해서 유사하게 수행한다. 그래서 MVR 에서는 OpenGL 같은 3 차원 컴퓨터 그래픽 라이

브러리로 가상의 3D 공간에 존재하는 개체를 가상의 카메라를 이용해 촬영하여 엘리멘탈 이미지들을 만들어 낸다. 이때 카메라는 렌즈 피치 만큼씩 이동을 하고, 뷰포인트와 배율이 엘리멘탈 이미지생성에 영향을 미치게 된다. 이때 배율은 (공식 1)에 의해 계산된다.

$$M = \frac{|L|}{g} = \frac{f}{|g-f|} \quad (\text{공식 1})$$

M 은 배율, f 는 렌즈의 초점 거리, g 는 디스플레이 장치와 렌즈 어레이와의 거리, L 은 렌즈 어레이와 CDP (Central Depth Plane)와의 거리이다. CDP란 g 에 의해서 정해지는 초점이 맞는 위치이다.

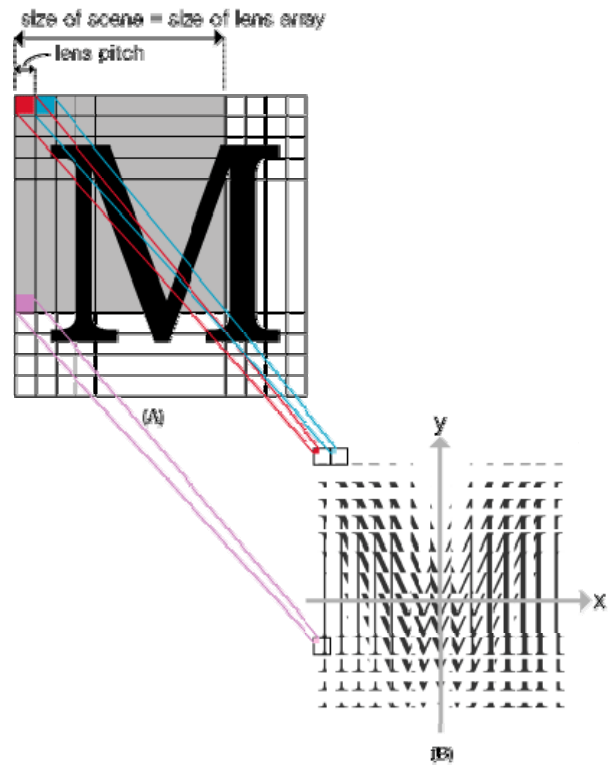
MVR 은 렌더링 과정이 단순하면서 정확한 엘리멘탈 이미지를 얻을 수 있다. 또한 다양한 3D 객체를 별다른 변환 과정을 거치지 않고, 집적 영상 시스템에 적용 시킬 수 있으며, 점대점 방식과는 달리 대상물의 크기가 엘리멘탈 이미지 생성 속도에 영향을 주지 않는다. 하지만 MVR 은 점대점 방식과는 달리 렌즈 어레이에 존재하는 렌즈의 개수만큼 뷰포인트를 생성해 가상의 카메라를 각각의 렌즈 위치에 놓고 찍게 된다. 그렇기 때문에 엘리멘탈 렌즈 수가 속도에 큰 영향을 주게 되어 해상도가 커지거나 렌즈의 개수가 커질 경우에는 실시간 처리가 어렵다.

PGR 은 집적 영상 시스템에서 포커스드 모드 (Focused mode)일 경우, 각각의 엘리멘탈 렌즈가 픽셀처럼 보이는 특성을 적용한다. 포커스드 모드는 (공식 1)의 g 와 f 가 같은 값을 가질 때에 IP (Integration plane)에 집적 영상(Integrated image)이 맺히는 모드를 말한다. PGR 은 엄격하게 정해진 각 방향에서 촬영된 Directional scene 들을 픽셀 단위로 처리하여 엘리멘탈 이미지를 만드는 방법이다. MVR 이 촬영되는 장면의 개수가 렌즈 어레이의 엘리멘탈 렌즈 수로 결정되는 반면에 PGR 은 (1)번 식에 의해 계산된 배율에 따라 결정된다. 그러므로 PGR 에서는 렌즈 어레이의 엘리멘탈 렌즈 수가 속도에 영향을 미치지 않는다. 그러나 생성

된 엘리멘탈 이미지의 픽셀 단위로 샘플링을 하므로 집적 영상 시스템의 디스플레이 모드 중 포커스드 모드에서만 사용할 수 있다. 포커스드 모드에서는 집적 영상의 두께는 충분히 표현할 수 있지만 해상도가 기초 렌즈 크기의 역수로 떨어지는 단점이 있다.

3. Viewpoint Vector Rendering

본 논문에서 제안 하는 VVR 은 표현하는 대상의 크기나 시스템에서 사용하는 렌즈 어레이의 개수에 영향을 덜 받아 실시간 처리에 유리하고, PGR 과는 달리 리얼 모드 (Real mode)와 가상 모드(Virtual mode) 에서도 사용할 수 있도록 확장한 것이다. VVR 은 Directional scene 을 사용하는 점에서 PGR 과 흡사하다. 하지만 VVR 은 (그림 2)에서와 같이 가상의 카메라로 촬영된 이미지를 PGR 방식같이 픽셀단위로 하는 것이 아니라 미리 계산된 크기로 잘라 적절한 위치에 재배치하여 엘리멘탈 이미지를 생성한다.



(그림 2. VVR 의 이미지 매핑)

이러한 차이로 인해 PGR 이 포커스드 모드에서만 사용할 수 있는 반면에, VVR 은 리얼 모드와

가상 모드에서도 사용 가능하다. 또한 MVR 과는 달리 PGR 과 마찬가지로 촬영해야 하는 장면의 개수가 렌즈 어레이의 엘리멘탈 렌즈에 영향을 받지 않는다. VVR 도 MVR 과 마찬가지로 (공식 1)에 의해서 배율이 구해지고, 그 구해진 값으로 촬영해야 하는 장면의 수를 결정된다. 따라서 VVR 알고리즘은 실시간 엘리멘탈 이미지 생성 처리가 가능하고, OpenGL 같은 그래픽 라이브러리를 사용하여 가상 3 차원 물체에 대한 엘리멘탈 이미지를 형성하는 CG 집적 영상 시스템에 적용이 쉽다.

4. 구현

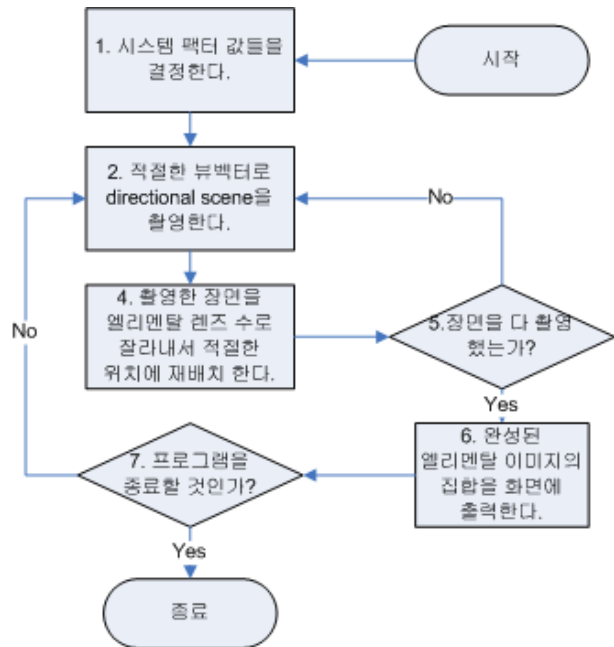
VVR 을 이용한 집적 영상 시스템은 C++와 OpenGL 을 이용하여 구현하였다. VVR 이 만들어내는 엘리멘탈 이미지들이 얼마나 정확한지 비교하기 위해 기준으로 사용할 엘리멘탈 이미지들을 만들어내는 MVR 도 함께 구현하였다. 비교 기준이 되는 시스템 요건들의 값은 (표 1)과 같다.

디스플레이와 렌즈 어레이와의 거리 (g)	17.6 mm
렌즈 어레이와 CDP 와의 거리 (L)	88 mm
렌즈의 지름 (P_L)	10 mm
디스플레이의 도트 크기 (P_D)	0.25 mm
배율 (M)	5
렌즈 어레이 엘리멘탈 렌즈 개수 (i)	13x13
렌즈의 초점거리 (f)	22 mm

(표 1. 구현된 VVR System 의 기준 시스템 요건)

VVR 을 이용한 집적 영상 시스템의 흐름은 대략적으로 (그림 3)과 같다. 1. (표 1)에서와 같은 시스템 요건들을 읽어서 미리 계산된 가상카메라의 위치와 방향 벡터를 이용해서 Directional Scene 을 계산한다. 2. 각각의 카메라 위치와 벡터에 대해서 렌즈 어레이의 크기에 해당되는 이미지를 촬영한다. 3. 전 단계에서 획득된 이미지를 (그림 2)에서 보인 것처럼 렌즈 어레이의 렌즈 한 개의 피치에 해당되는 만큼의 조각으로 나눈다. 그리고 그 조각들을 역시 (그림 2)의 (A)에 있는 빨강색과 파랑색으로 보인 부분과 같이 나누어진 조각을 (그림 2)의 (B)에 배치한다. 그리고 2 번과 3 번 과

정을 을 Directional scene 의 수만큼 반복해서 (그림 2)의 (B)에 해당되는 작은 이미지 조각을 채우게 된다. 이렇게 하면 한 프레임의 엘리멘탈 영상들이 만들어지게 된다.



(그림 3. 프로그램 흐름도)

(표 2)에서 보인 것처럼 VVR 로 제작한 엘리멘탈 이미지는 2 차원적인 그림을 볼 때에는 MVR 로 제작한 기초영상과 거의 일치한다. 그러나 OpenGL 을 이용하여 구축한 3 차원 세계에서는 z 축과 조명 등의 요소로 인하여 각각 카메라 위치에서 촬영된 장면이 조금씩 차이가 생기게 된다.

본 논문에서는 VVR 방법으로 생성한 엘리멘탈 이미지가 유효하다는 것을 검증하기 위해 MVR 의 엘리멘탈 이미지와 PSNR (Peak Signal to Noise Ratio) 값을 비교하였다. PSNR 은 그림 간의 유사성을 찾기 위하여 사용하는 것으로 40dB 이상일 경우 유사한 그림으로 생각한다.

5. 실험 결과 및 토론

(표 2)에서 PSNR 값이 49~143db 이므로 VVR 방식으로 생성한 엘리멘탈 이미지는 유효하다고 볼 수 있다. MVR 과 VVR 두 방식의 속도를 비교하면, VVR 이 약 2.5~3 배 정도 빠르다. (표 1)의 요건을 갖는 집적 영상 시스템의 경우, MVR 이 13x13

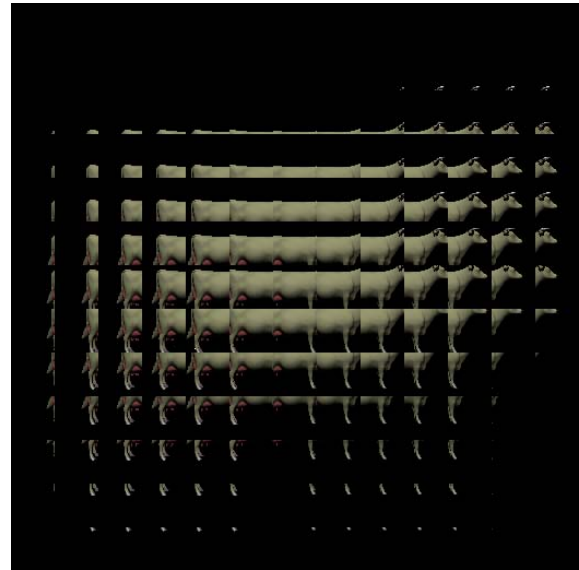
만큼 카메라 촬영을 해야 하는 반면에 VVR 은 5x5 만큼 촬영하기 때문에 이론상 6 배 이상 속도가 빨리 나와야 하지만, VVR 방식이 그래픽 연산의 부담을 줄이기 위해 CPU 연산을 하므로 이런 결과가 나왔다고 생각 된다.

MVR vs VVR	PSNR_r	PSNR_g	PSNR_b
2D Font	143.84	143.84	143.84
2D Image	121.45	120.51	120.89
3D Font	112.87	68.20	44.21
3D Cow	59.73	63.75	62.31
3D Teapot	49.17	53.63	56.17

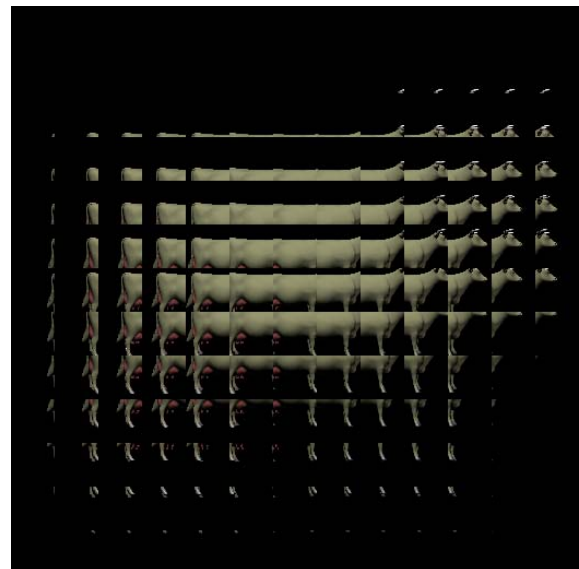
(표 2. VVR vs MVR PSNR table)

(그림 4)와 (그림 5)은 3D Cow 라는 객체를 MVR 과 VVR 방식을 사용하여 생성된 엘리멘탈 이미지이다. 그림에서 보이듯 생성된 두 방식의 엘리멘탈 이미지의 품질은 거의 차이가 없다. 그러나 생성 속도 면에서 볼 때 MVR 에 비해 VVR 이 처리 속도가 빠르다. 특히 MVR 이 렌즈 어레이의 엘리멘탈 렌즈 개수의 증가에 따라 속도가 급속하게 감소하는 것에 비해 VVR 은 렌즈 개수에 영향을 받지 않는다. 또한 PGR 과 비교를 할 때 유효한 엘리멘탈 이미지를 제공하면서 가상 모드 리얼 모드, 포커스드 모드 3 개를 지원하는 장점이 있다.

그러나 생성되는 뷰포인트의 위치 차이로 인해 객체의 입체감 표현이 MVR 에 비해 떨어진다. (표 2)에서 3D Teapot 모델의 경우, 깊이 정보가 다른 모델에 비해 상대적으로 두꺼웠던 점 때문에 MVR 과 비교해서 엘리멘탈 이미지의 품질이 좀더 떨어졌던 것을 볼 수 있다. 그리고 CG 집적 영상에 문제점인 CDP 근처에서만 집적 영상이 제대로 맺히는 단점과 연속된 시차 제공으로 인한 낮은 해상도를 극복하지 못했다. 앞으로 이러한 단점들을 해결하여, 게임이나 가상현실 같은 실시간 그래픽 응용 분야에 사용 가능할 것으로 기대된다.



(그림 4. VVR 로 만든 엘리멘탈 이미지)



(그림 5. MVR 로 만든 엘리멘탈 이미지)

References

- [1] Frederick P. Brooks, Jr, "What's Real About Virtual Reality?" IEEE Computer Graphics & Applications, Nov / Dec, 16, (1999)
- [2] Sung-Wook Min, Myung Hoon Suk, Kyoung-Shin Park "Study about 3D display system suitable to VR", HCI2005., (2005)
- [3] Takatori Okoshi , "Three-Dimensional Displays," Proceedings of the IEEE, 68, 548, (1980_
- [4] G. Lippmann "La photographie integrale," Comptes -Rendus 146, pp. 446-451 (1908)
- [5] Yoshihide Igarashi, H. Murata and M. Ueda, "3D display system using a computer generated integral

- photography,” Japan J. Appl. Phys., 17, 1683 (1978)
- [6] Y. Igarishi, H. Murata, and M. Ueda, “3D display system using a computer-generated integral photograph,” Japanese J. Appl. Phys., vol. 17, pp. 1683-1684 (1978)
- [7] Myunghoon Suk “Enhanced image mapping algorithm for 3D integral imaging display system”, Information and Communications University (2005)
- [8] Ruigang Yang, Xinyu Huang, Shunnan Chen, “Efficient Rendering of Integral Images”, SIGGRAPH 2005 (2005)