

# VRML 확장을 위한 영상기반 렌더링 노드 초안

김해동, 박태준, 오광만  
한국전자통신연구원, VR센터, 영상기반렌더링연구팀

## A Draft of Image-Based Rendering Node for VRML Extension

HaeDong Kim, TaeJoon Park, KwangMan Oh  
Image-Based Rendering Research Team, VR Center, ETRI

### 요 약

인터넷 기술의 발전과 더불어 가상현실을 표현하기 위한 컴퓨터 그래픽스 파일 포맷(format) 기술(specification) 표준화가 진행 중이다. 가상현실에서 시각효과의 영향이 가장 크기 때문에, 실시간에 가장 사실적인 영상을 제공하는 여러 가지 기술들이 개발되어 왔다. 본 논문에서는 현실감을 높이면서 빠른 시간에 렌더링 영상을 제공하는 방법들 중 하나인 영상기반 렌더링 방법에 대한 노드를 설계하여 VRML 확장 노드로 제안하고자 한다.

### 1. 서론

인터넷 기술의 발전과 함께 컴퓨터 사용자 층이 확대되었고, 그와 더불어 인터넷 공간에서 표준화를 통해 널리 퍼져있는 자원(resource)을 좀 더 잘 활용할 방법에 관한 연구들이 진행되고 있다. VRML(Virtual Reality Modeling Language)은 컴퓨터 그래픽스 파일에 대한 표준화를 통해 자원 활용도를 높이고자 한 것으로, 현재 VRML 97 표준안이 나와 있고 이를 확장한 새로운 표준을 만들기 위한 노력이 진행 중이다 [9]. 그리고, 표준화와 더불어 컴퓨터 시스템의 발전에 따라 좀 더 사실적인 영상을 보고자 하는 욕구의 증가로 영상의 고급화도 진행 중이다. 특히, 기하학적 모델을 기존의 그래픽스 파이프라인(pipe-line)을 통해 렌더링 하는 기존의 방법과 달리, 고화질의 영상을 바탕으로 한 영상생성 방법에 관한 연구가 최근 활발히 진행되고 있다.

기존의 렌더링 방법은 기하학적인 모델링을 이

용하여 수학적 계산에 의해 렌더링 했다. 따라서, 기하학적 모델의 복잡도(scene complexity)가 높아짐에 따라 렌더링 시간도 함께 증가했다. 그래서, 사실적인 영상을 만들면서 시간을 줄이기 위한 방법으로 그래픽 가속보드와 같은 특수 하드웨어나 고가의 시스템을 사용해 왔다. 그 외에도 시점 위치에 따라 렌더링 속도 차가 발생하므로, 일정한 렌더링 속도를 필요로 하는 시스템에는 사용하기가 어렵다. 그러나, 최근에 연구되고 있는 영상기반 렌더링(Image-Based Rendering, IBR) 방법은 사실감 있는 영상을 기반으로 하기 때문에 새로 생성되는 영상 질 또한 우수하다. 그리고, 렌더링 시간이 모델의 복잡도에 크게 의존하지 않기 때문에, 영상 렌더링 속도를 일정하게 유지하기가 용이하며 렌더링 속도 또한 빠르다. 그러나, 영상기반 렌더링은 영상을 기반으로 하기 때문에, 제공되는 소스(source) 영상의 질에 좌우되며, 소스 영상들의 시점 위치에 의해 새로운 영상을 생성할 수 있는 시점 이동 범위가 제한된다.

본 논문에서는 VRML 97 표준에 대한 확장 노드로, 영상기반 렌더링 노드 및 필드(field) 설계를 제안하고 테스트를 통해 그 타당성을 살펴보고자 한다.

$V_i, V_0, V_1$  : 변환(transformation)  
 $P_0, P_1$  : 참조 영상내 대응점  
 $P$  : 실세계(world space) 점

## 2. 관련연구

## 2.2 3차원 와핑(3D Warping)

### 2.1 영상 보간(View Interpolation)

픽셀 움직임(pixel motion)은 영상 평면 내 점(x, y)를, 단지 시점 변환인 회전  $R=[r_{ij}]$ 과 이동  $T=(x, y, z)$ 을 통해 이동된 점  $(x', y')$ 에 관한 식으로 (식 2)와 처럼 나타낼 수 있다 [8].

Williams과 Chen은 3차원 와핑(warping) 방법들의 하위집합(subset)으로, warp script을 사용하여 참조 프레임(reference frame)들간의 픽셀 움직임(pixel motion)을 기술하는 시점보간 방법을 제안하였다 [2]. warp script의 결정은 전처리(pre-computation) 단계에서 행해지며, 보간된 영상(interpolated view)은 적절한 참조 영상(reference image) 쌍과 warp script만을 이용하여 만들 수 있다. 선형 보간(linear interpolation)에 의해 영상이 생성될 수 있으나 정확하지 않기 때문에, 2차(Quadratic)혹은 3차 보간(cubic interpolation)을 사용하면 좀 더 정확한 근사값을 획득할 수 있다.

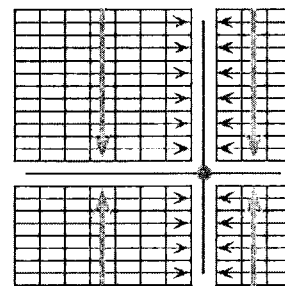
$$x' = \frac{(r_{11}x + r_{12}y + r_{13})Z(x, y) + \Delta x}{(r_{31}x + r_{32}y + r_{33})Z(x, y) + \Delta z} \quad (\text{식 } 2)$$

$$y' = \frac{(r_{21}x + r_{22}y + r_{23})Z(x, y) + \Delta y}{(r_{31}x + r_{32}y + r_{33})Z(x, y) + \Delta z}$$

$Z(x, y)$  : (x,y)상에 투영된 깊이(depth)

Seitz와 Dyer는 렌더링된 영상의 재사용 방법에 대한 2차원 기법을 제안하였다 [6]. 비-정형 변환(Non-rigid transformation)에서 중간 영상을 생성할 때, 보간된 영상이 물체의 모양을 보전하지 못하는 non-valid view가 발생하는 문제점을 제기하였다. 즉, valid interpolated view는 영상 평면(image plane)이 평행 이동한 경우이다. 따라서, 임의의 영상 평면에 대해서는 참조 영상 평면을 표준 영상 평면으로 우선 변경(pre-warping image)한 후, 보간을 수행하고 그 후에 생성된 영상을 와핑하는 방법(post-warping image)을 통해 원하는 보간 영상을 구한다. 만약, 평행 시점 이동이 유지되면 경로를 따라 픽셀이 선형 이동한 경우로, 시점의 선형 이동 및 투영 변환(projecting transformation)을 통해 구한 이들 픽셀들의 결과와 동일하다.

McMillan은 뒤에서 앞으로 (Back-to-front order) 그리는 방법을 제안하였다 [5]. 그는 시점 투영(view point projection) 위치에 따라 그림 1과 같이 투영된 점 방향으로 그려가는 방법이다. 그 처리 순서는 우선 새로운 시점에 대한 투영행렬을 계산하고, 뒤에서 앞으로 그릴 순서를 결정하고, 참조 영상을 와핑하는 순으로 하고, 와핑시 (식 2)를 이용한다.



[그림 1] McMillan의 우선 순위(priority) 알고리즘

다음 (식 1)은 픽셀의 선형 이동에 의해 중간 이미지를 생성하는 식이다 [8].

### 2.3 Light field와 Lumigraph

$$\begin{aligned} V_i &= (1-s)V_0 + sV_1 \\ P_i &= (1-s)P_0 + sP_1 = V_i P \end{aligned} \quad (\text{식 } 1)$$

Light field와 Lumigraph는 유사한 방식으로, Plenoptic 함수를 변형한 4차원 함수로 기술된다

[3,4,8]. 하나의 환경 맵핑(environment mapping)은 그 장면(scene)내 한 점에 도달하는 모든 가시광선(light ray)들을 은닉하고 있으므로, 이 지점을 물체로 대치하면 그 물체 표면에 도달하는 모든 가시광선들의 결과(물체의 색깔)를 맵으로 만들고 그 맵을 통해 필요한 결과를 얻어내는 방법과 유사하다. 이를 위해서는 특정 지점에 도달하는 모든 가시광선에 대한 정보를 미리 알고 있어야 한다.

Light field 혹은 lumigraph는 그 지점의 모든 방향 내 광휘(radiance)를 미리 계산하고, 저장, 은닉(cache)할 수 있다는 것을 전제로 한다 [8]. 즉, 차광물이 없는(occluder free) 공간이어야 한다. 임의 방향의 광선(ray)은 위치(x,y,z)와 방향( $\theta, \phi$ )의 5차원 함수를 2개의 평행면을 이용한 4차원 함수로 변환 정의하고 이를 이용하여 표현한다. 임의의 시점에 대한 재구성 방법은 2개 평행면을 통과하는 광선을 계산하여 영상 평면 내 각 픽셀을 구성하고, L(s,t, u,v)을 그 픽셀에 할당함으로써 이뤄진다. L(s,t, u,v)는 각 카메라 위치 평면 (s,t)에서 (u,v)로 경계 지어진 각별대(frustum)내로 모든 방향에서 도달한 광선들을 나타내는 것이다.

### 2.3 LDI(Layered Depth Images)

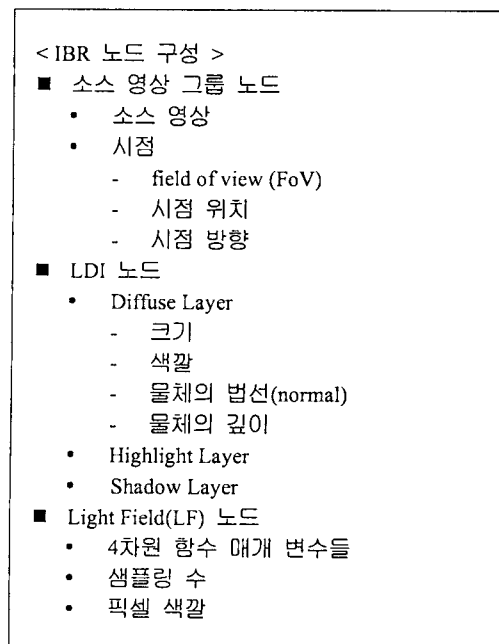
Shade는 n개의 다른 시점 영상을 1개의 참조 영상으로 와핑하고, 계층(layer)들은 깊이 순으로 정렬하여 새로운 영상을 만들어 내는 LDI(Layered Depth Images)를 제안하였다 [7]. 이것은 1개의 LDI 시점(view)에 하나의 픽셀에 대한 광선을 발생시키고, 그 광선이 물체를 통과하여 그 광선 상에 걸친 물체의 깊이와 색깔 등을 기록한다. 이 방법은 각각 90도를 이룬 6개의 LDI를 계산하는데, 광선 방향에 따라 가중치가 부여되는 비정형(non-uniform) 샘플링을 사용한다. LDI 계산 순서는 각 픽셀, 광선 방향을 수정하면서 ray casting하고, 물체와 만나면 LDI 시점으로 재투영(reprojection)하고, 허용된 오차 내 깊이에 대해서는 색깔 값을 평균하지만 그 외엔 새로운 깊이 픽셀을 생성한다.

그리고, Chang에 의해 제안된 LDI 트리(tree)는 각 픽셀에 대해 LDI 트리 내에서 상황에 맞는 LDI를 선

택하여 영상의 질을 개선한 것이다 [1].

## 3. IBR(Image-Based Rendering) 노드

제안된 IBR 노드의 구성은 LDI 노드를 기본하여 설계 되었고, 앞 절에서 언급된 관련 연구들을 고려하였다. 그림 2는 VRML 확장용 IBR 노드의 개괄적인 구성을 표현한 것이다.



[그림 2] VRML 확장용 IBR 노드 구성

### 3.1 소스 영상 그룹(Source Image Group) 노드

소스 영상 그룹은 실제 영상기반 렌더링을 위한 소스 영상과 소스 영상이 생성된 시점을 필드로 갖는다. 소스 영상은 VRML 97의 ImageTexture 노드와 유사하고, 시점 필드는 VRML 97의 ViewPoint 노드와 유사하다. 그러나, 소스 영상 그룹에서의 소스 영상은 한 시점에서 본 하나의 물체처럼 취급되므로, ImageTexture 노드처럼 repeatS, repeatT와 같은 필드는 불필요하다. 그리고 소스영상과 관련된 시점에 대한 정보가 반드시 필요하다.

### 3.2 LDI 노드

LDI노드는 Diffuse Layer, Highlight Layer, Shadow Layer 등의 필드를 가질 수 있다. 특히, Highlight나 Shadow Layer는 움직이는 물체에 유용하다. 그러나, 현재 시점에서는 시점과 무관한 diffuse 물체만을 취급하도록 설계하였다. Diffuse Layer의 필드로는 색깔, 물체의 법선, 물체의 깊이, 층(layer)의 크기로 구성된다.

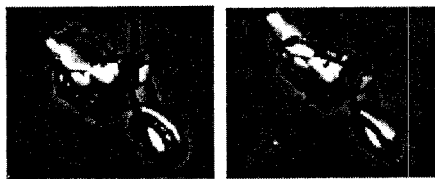
### 3.3 Light Field (LF) 노드

Light Field 노드는 4차원 매개변수 (s,t,u,v) 쌍으로 이루어진 배열이나 샘플링 수를 필드로 사용한다. 특히, 샘플링 수는 4차원 매개변수를 생성하기 위한 것이다. 그리고, 각 매개변수에 해당하는 픽셀의 색깔배열로 구성된다.

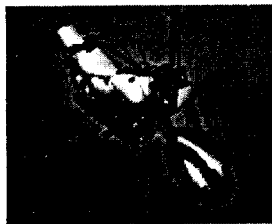
## 4. 테스트

본 논문에서 제안한 IBR 노드에 대한 구현은 Windows NT 환경에서 C++ 및 Java를 이용하여 구현하였다.

그림 3은 소스 영상들이고, 그림 4는 참조 영상을 기반으로 생성된 IBR 영상이다.



[그림 3] 소스 영상들



[그림 4] IBR 영상

## 5. 결론

본 논문에서는 VRML 97 표준 사양(specification)에 대한 확장으로 영상기반 렌더링 노드 및 필드에 대한 설계를 제안하였다. 그리고, 간단한 구현 및 테스트를 통해 그 타당성을 살펴 보았다.

향후 연구 계획으로는, 더 다양한 환경에서 제안한 노드에 대한 타당성 검증을 하는 것이다. 즉, 현재는 깊이 정보와 모델링 정보가 주어진 환경에서만 테스트를 수행하였지만, 깊이 정보가 없는 실영상이나 시점에 의존적인 물체가 있는 환경, 물체가 움직이는 환경 등 다양한 환경을 고려한 노드 개선이 필요하다. 그리고, 기존 VRML 노드 및 확장 노드와의 연계를 고려한 노드 개선도 필요하다.

### [참고문헌]

- [1] Chang, Bishop and Lsdtra, "LDI Tree:A Hierarchical Representation for Image-Based Rendering ", Proc. SIGGRAPH 99, 1999
- [2] Chen and Williams, "View Interpolation for image synthesis", Proc. SIGGRAPH 93, July 1993, pp. 279 - 288
- [3] Gortler, Cohen, et. al., "The Lumigraph", Proc. SIGGRAPH 96, Aug. 1996, pp. 43 - 54
- [4] Levoy and Hanrahan, "Light Field Rendering", Proc. SIGGRAPH 96, Aug. 1996, pp.31 - 42
- [5] McMillan and Bishop, "Plenoptic Modeling:An Image-Based Rendering System", Proc. SIGGRAPH 95, Aug. 1995, pp. 39 - 46
- [6] Seitz and Dyer, "View Morphing", Proc. SIGGRAPH 96 Aug. 1996, pp. 21 - 30
- [7] Shade, Gortler, et al., "Layered Depth Images", Proc. SIGGRAPH 98, 1998, pp. 231 - 242
- [8] Alan Watt: "3D Computer Graphics Third Edition", Addison-Wesley, 2000
- [9] VRML 확장 표준화, "<http://www.web3d.org>"