

# 하이브리드 렌더링을 위한 단말기 성능분석 방법

김학란\*, 박화진\*\*

## 요약

하이브리드 렌더링 모델에서 적절한 수준을 결정하기 위한 단말기 성능분석 방법을 제안한다. 최근에 하나의 물체를 이루는 여러 개의 폴리곤에 각각 다른 음영법을 함께 적용하는 하이브리드 렌더링 모델을 제안하였다. 하이브리드 렌더링 모델에서 고로 음영과 평면 음영이 적용될 폴리곤 수는 그래픽 콘텐츠를 실행되는 단말기의 성능과 상황에 맞도록 계산되어야 한다. 따라서 현재의 단말기 환경에 대한 성능 분석과 사용자의 선호도 등을 고려하여 자동적으로 실행 가능한 적절한 메시의 수와 고로 음영과 평면 음영의 정도를 계산해 내는 방법을 제안하였다. 하이브리드 렌더링의 개념 자체는 간단하지만 실행 환경에 따라 여러 단계의 해상도를 자동적으로 가질 수 있으므로 실시간 렌더링 시간을 줄일 수 있는 효율적인 대안 방법이 될 수 있다. 또한 다양한 단말기 환경에서 게임과 같은 3차원 그래픽 콘텐츠의 실시간 적응 서비스에 적용할 수 있다.

## Device Performance Analysis Method for Hybrid Rendering

Hakran Kim\*, Hwajin Park\*\*

## Abstract

A Device performance analyzing method for appropriate level in hybrid rendering model is suggested. In recent research, we proposed a hybrid rendering model which is applying a proper shading method to each of polygons consisting of an object. The number of polygon for Gouraud shading and that for flat shading should be considered according to a current device performance and system environments. Therefore, this paper suggests the method to calculate automatically a proper resolution of a mesh of object and a proper level of mixture between Gouraud and a flat shading, considering a current device performance and a preference of end-user. The rendering model is so simple that it can be an efficient replacement to reduce a real-time rendering time since it provides automatically multi-level of rendering resolution to an executing environments. Moreover, it can be adopted in real-time adaptive service for 3D graphic contents like a graphic game under various device environments.

Keyword : hybrid rendering, adaptive service, device performance, realtime rendering

## 1. 서론

다양한 종류의 무선단말기 시대가 활성화됨에 따라서 요구되는 서비스의 종류도 더욱 다양화되고 있다. 특히 2D/3D 컴퓨터 그래픽의 사용 및 응용이 폭발적인 인기를 누리고 있으며 향후 이러한 추세는 더욱 증가할 것으로 보인다. 이러

한 환경에서는 사용자 단말기 환경이 변화되거나 변화된 환경에 따라 상황에 맞는 콘텐츠의 서비스를 위한 상황 맞춤형 적응 서비스가 많은 관심을 받고 있다. 하지만, 데스크 탑 등의 고사양의 컴퓨터 시스템에서 서비스되던 기존의 콘텐츠를 저 성능 단말기에 그대로 서비스하기에는 많은 무리가 따른다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 몇 년 전부터 멀티미디어 정보를 다양한 사용자 환경에 적응 시키기 위한 방법들로 미들웨어 시스템이나 임베디드 시스템, 모바일 단말기를 위한 하드웨어 렌더링 가속기 부분 등 여러 분야에서 연구되어 오고 있다.

그래픽 콘텐츠는 프로그램 특성상 콘텐츠를

※ 제일저자(First Author) : 김학란  
접수일:2008년 11월 27일, 완료일:2008년 12월 18일  
\* 경원대학교  
imhera@sm.ac.kr  
\*\* 숙명여자대학교

생성하는데 많은 계산 시간을 필요로 하므로 연구 방법 중 다중 해상도를 이용한 방법들과 LOD개념을 확장한 연구 방법들이 효율적인 것으로 제안되었다. 과거 그래픽 분야에서의 LOD는 주로 동일한 단말기 환경에서 실시간 렌더링 시간을 줄이기 위해 제안된 방법들로 다중해상도를 지원하였다[2,3,5]. 가장 보편적인 방법으로 메시의 수를 단계에 맞게 줄이는 기법이 연구되었고 렌더링 분야에서는 실사와 같은 장면을 표현하기 위하여 너무 많은 계산시간을 필요로 하는 광선추적법과 같은 방법에서 옥트리나 BSP 같은 LOD기법을 사용하고 있다[1]. 하지만 메시지를 다단계로 표현하는 방법 이외에 렌더링 부분에서 기존에 제시한 방법들은 현재의 휴대폰 같은 성능을 가지는 단말기에는 적용하기 어려운 실정이다. 따라서 본 연구에서는 기존에 렌더링에서 지역조명모델의 음영법을 개선한 새로운 하이브리드 렌더링 방법을 제안하였다. 하지만 하이브리드 렌더링 모델에서 고로 음영과 평면 음영이 적용될 폴리곤 수는 그래픽 콘텐츠가 실행되는 단말기의 성능과 상황에 맞도록 계산되어야 한다. 따라서 현재의 단말기 환경에 대한 성능 분석과 사용자의 선호도 등을 고려하여 실행 가능한 적절한 메시의 수와 고로 음영과 평면 음영의 정도를 계산해 내는 방법을 제안하였다.

## 2. 기존연구

### 2.1 다중 해상도를 사용한 적응방법

다양한 단말기 환경에서 오디오나 비디오, 게임, 애니메이션 같은 컴퓨터 그래픽을 포함하는 멀티미디어 콘텐츠를 서비스하기 위한 적응 방법들이 시도되고 있으며 향후 더 많은 방법들이 연구되고 상용화 할 것으로 보인다. 그 중에서 최근 다중 해상도를 지원하고자 하는 방법들이 가장 큰 관심을 받고 있다.

이번 절에서는 다중 해상도 개념을 적용하여 이미지와 2D/3D그래픽 콘텐츠를 위한 적응 방법들을 제안한 기존 연구를 살펴본다.

MPEG4의 오디오 비디오 정보와 지형 네비게이션, 그리고 2D/3D 그래픽을 위한 확장 가능한 적응 서비스를 제안한 ISIS(Intelligent Scalabilit

y for Interoperable Services ) [3]에서의 다양한 적응 기법은 본 연구에서의 적응기법의 기본 아이디어를 제공해 주었다. 즉 계층형식의 정보들을 재구성하는 방식을 제안했다. 제안한 적응 기법 중 2D/3D 컴퓨터 그래픽의 적응방법만을 고찰하여 보면, 2D 그래픽 분야에서는 웹에서 사용되고 있는 플래시 카툰과 같은 전통적인 2D 그래픽 카툰을 스트림으로 전송하기 위한 적응적 방법을 제안했다. 장면을 위한 바이너리 형식(BIFS)으로 부호화하여 바이너리 형식 명령들을 몇 개의 논리적인 계층으로 나누는 방법이다. 3D를 위한 적응 방법으로는 이종의 다양한 장치에 가상의 사람 모델을 렌더링하고 전송하기 위해 다중 해상도 방식의 적응기법을 고안했다. 다중 해상도 모델을 정의하기 위해 클러스터 계층 모델을 사용했으며 각 클러스터는 정점과 정점의 법선 벡터, 색상, 텍스처 좌표, 등의 정점 속성 집합과 정점 정보에 따라 인덱스된 면, 노말 면, 색상 면, 텍스처 면의 집합으로 구성된다. 각 계층은 에지 결합(edge-collapsing) 연산에 의해 계층 구조화된 적응 클러스터 블록이 선택 된다. 얼굴이나 몸체 애니메이션도 같은 방법으로 적용 결과를 적용한다. 적응이 진행되는 동안에 메시나 애니메이션을 위해 사용자 선호도에 따라 외부적으로 해상도가 결정되는 방법으로 장치의 성능과 네트워크의 성능이 적응에 영향을 미치는 요소로 고려되었다.

따라서 위에 언급한 방법들은 본 논문에서 제안하는 유비쿼터스 컴퓨팅 환경 하에서의 적응 방법인 서비스 렌더링 미들웨어의 개념의 배경이 되었다. 하지만 일반적인 그래픽 콘텐츠를 서비스하기 모델이 생략되어 있다.

또 다른 MPEG21 프레임워크내의 단일 콘텐츠 적응 방법[5]은 ISIS의 다중해상도를 이용한 적응방법과 매우 유사하며 다양한 장치에 3D 데이터를 적응시키기 위한 방법으로 메시지를 몇 개의 단계로 나누어 큰 용량의 메시와 작은 용량의 메시지를 적용시킬 단말기 수만큼 생성시켜서 서비스 하는 방법을 제안했다. 이 논문에서는 3D 콘텐츠의 범위가 하나로 한정되어 있으며 이러한 DIA(Digital Item Adaptation) 서비스를 지능적으로 제공할 계층에 대한 자세한 언급이 빠져있다.

제안된 방법 중 의미적인 웹 서비스와 기술에

대한 매치를 통해서 적응적인 서비스의 연결을 구성하도록 하는 Knowledge-Based Engine은 비디오와 오디오를 방송 할 때 적절한 단계를 선택하여 정보를 처리하도록 하였다[14]. 그러나 적절한 단계 구성에 대한 구체적인 언급이 없으며 의미 분석과 기술에 대한 매치 방법에 대해서도 자세한 알고리즘 제시가 되어 있지 않다.

2차원 이미지를 대상으로 한 적응 서비스 방법으로 Region-of-Interest based Image Resolution Adaptation을 제시하였다[14]. 이미지 내부에서 주목되는 영역에 대한 분석을 기초로 하여 특징적인 맵을 생성하여 MPEG-21 메타 데이터와 JPEG2000 이미지의 적응을 결정하는 엔진으로 특징적인 맵을 만들기 위한 방법과 사람의 시각체계에 따른 이미지 영역의 중요도를 구분하는 방법을 제안했다. 2차원 이미지를 대상으로 하였으므로 본 연구에서 제안하려는 그래픽 응용에 대한 적응 서비스 방법으로는 적절하지 않다.

## 2.2 하이브리드 렌더링 모델

실시간 렌더링에서 주로 사용되는 평면 음영이나 고로 음영은 각각의 라이브러리를 하나의 물체나 장면 전체에 적용시키는 방법으로 물체를 이루는 폴리곤에 각각의 라이브러리를 혼합하여 적용할 수 없는 단점이 있다. 따라서 하나의 물체에 혼합 형태의 음영법을 적용하기 위한 방법을 제안하였다[14].

지역조명모델 계산에서 렌더링 시간을 줄이는 가장 간단한 방법은 평면 음영을 사용하면 되지만 그래픽의 질이 떨어지게 되어 부드럽지 못한 그래픽 콘텐츠를 생성하게 된다. 객체의 질이 너무 떨어지는 경우에는 계산 시간을 더 요구하지만 고로 음영을 사용한 렌더링을 적용하면 물체의 표현질은 좋아진다. 따라서 제안한 하이브리드 렌더링은 렌더링 시간과 단말기 성능 사이를 고려하여 하나의 물체에서도 평면 음영을 적용하는 폴리곤과 고로 음영을 적용하는 폴리곤을 결정하여 표면의 색상 값을 결정하는 방법이다. 이런 방법을 적용하게 되면 저성능 단말기의 경우 모두 고로 음영을 사용하여 처리하는 폴리곤 수보다 더 많은 수의 폴리곤을 처리 가능하게 된다. 즉, 고로 음영으로 처리할 최대 처리 폴리곤 수보다 적은 수의 폴리곤을 본 논문에서 제

시하는 선택방법에 의하여 비율을 결정하여 처리하고 나머지는 평면음영으로 처리하면 일반적으로 각 단말기 성능을 고려하여 처리할 수 있는 최적의 폴리곤 수보다 더 많은 수의 폴리곤 처리가 가능하면 빠른 렌더링을 보장 할 수 있다.

단말기 성능에 맞는 최적화된 렌더링 폴리곤 수가 결정되면 기준에 따라서 두 가지의 렌더링 방법 중 하나를 선택하여 처리하기 위해서는 음영법을 선택하기 위한 조건이 필요하다. 적용되는 음영법의 선택에서 고려해야 할 사항은 세 가지로 먼저 카메라와 객체의 위치에 따른 거리를 몇 개의 단계로 세분화 시킨다. 그 다음은 폴리곤을 구성하는 각 정점에서의 인텐시티(intensity)를 고려하여야 한다. 마지막으로 폴리곤의 크기를 고려하였다.

세 가지 기준에 대한 연산은 다음과 같은 세부적인 방법을 사용한다.

- 카메라 위치와 객체와의 거리: 카메라에서 가장 멀리 떨어진 객체는 모든 폴리곤에 평면음영을 적용하며 가장 가까운 곳의 객체는 고로 음영을 적용한다. 중간 거리에 해당하는 객체는 카메라에서 가까운 곳의 구간일수록 고로 음영을 적용하는 폴리곤의 비율을 더 높이고 멀어질수록 평면 음영의 비율을 높인다. 중간거리에 해당하는 단계는 단말기 성능에 따라 많은 단계와 적은 단계를 적용시킬 수 있다.
- 하나의 객체를 구성하는 전체 폴리곤의 수를  $n$ 이라고 하면 고로 음영을 적용할 폴리곤의 수  $g$ 와 평면 음영을 적용할 폴리곤 수  $f$ 는 선형 1차 방정식 형태로 간단히 구해질 수 있다. 카메라에서 가까운 곳에서부터 먼 곳을 나타낼 값을  $d$ 라고 설정하면 수식은 다음과 같다.

$$n=(1-d)g+d\cdot f\text{단, } 0\leq d\leq 1$$

- 폴리곤의 크기: 폴리곤을 이루는 세 개의 에지의 길이의 합을 구한다. 즉, 장면에서 하나의 오브젝트를 구성하는 폴리곤의 크기를 구하기 위해서는 폴리곤의 면적은 에지의 크기에 비례하므로 연산횟수를 줄이고 간단히 하기 위해 에지의 길이를 사용하여 폴리곤의 크기를 대신한다. 응용 프로그램에서 표현되는 물체의 크기에 따라서 폴리곤의 크기는 모두 다른 결과 값을 나타내게 되므로 각 물체의 폴리곤 크기를 모두 구한 결과를 분석하여서 물체의 크기 별

로 정렬을 한다. 폴리곤 크기를 정렬 하는 이유는 하이브리드 렌더링에서 음영법을 선택할 때 기준 레벨에 따라서 몇 개의 폴리곤을 평면 음영으로 처리 할 지에 대한 기준으로 적용하기 위해서이다.

- 각 정점에서의 인텐시티: 광원은 하나만 존재하는 것으로 간주하여 폴리곤의 법선 벡터에 대해서 각 정점에서의 풍 반사 모델을 적용하여 계산한다. 풍 반사 모델은 주변반사, 확산반사, 경면반사의 세기를 모두 합하여 인텐시티를 구한다.

각 반사모델에 대한 세기는 R, G, B에 대해서 각각 구해지며 이를 하나의 정점에 대한 인텐시티로 모두 합산한 결과 값을 구한다. 그 후 하나의 폴리곤에서 각 정점에서의 인텐시티의 차이를 각각 구한다. 세 정점의 인텐시티 차이를 비교하여 보았을 경우 차이가 미미하다면 라이팅 모델에 의한 색상차이가 크게 나지 않으므로 굳이 고로 음영을 사용할 필요가 없으며 평면 음영을 사용하여 처리 하여도 질적인 면에서 크게 떨어지지 않는다. 차이가 많이 나는 경우는 고로 음영을 사용하여 처리해 주는 편이 질적인 면에서 우수 하지만 차이가 많이 나는 경우에도 모두 고로 음영을 사용하지 않고 폴리곤의 크기를 비교하는 단계를 거치게 된다. 폴리곤의 크기가 작다면 평면 음영을 사용한 처리를 하고 폴리곤의 크기가 크다면 고로 음영을 사용하여 처리하도록 한다.

### 3. 단말기 성능분석 방법

유비쿼터스 환경에서의 단말기 장치의 여러 가지 환경요인을 고려한 적절한 고로와 평면음영 비율을 결정하기 위한 방법을 제안한다. 결정하기 위해서 고려해야 할 사항들은 다음과 같다.

첫 번째는 각 단말기 장치의 종류에 따른 성능이다. 성능은 매우 중요한 조건으로 성능에 영향을 미치는 요소들은 단말기의 CPU 성능과 데스크 탑이나 랩탑 컴퓨터의 경우에는 그래픽 카드의 종류에 따른 폴리곤 처리 능력 요소를 고려하여야 한다. 또 지원되는 모니터 해상도를 다중레벨화의 기준이 되는 요인으로 고려하였다.

두 번째 조건은 사용자 선호도이다. 사용자 선호도는 단말기에서 표현할 수 있는 그래픽 콘텐츠의 질에 대한 사용자의 의사표현을 반영함을 의미한다.

단말기 성능과 사용자 선호도에 따른 다중레벨의 수준은 4단계를 거쳐서 최종적으로 결정되며, 다중레벨의 수준이 결정되는 각 단계의 수식과 알고리즘들은 아래와 같다.

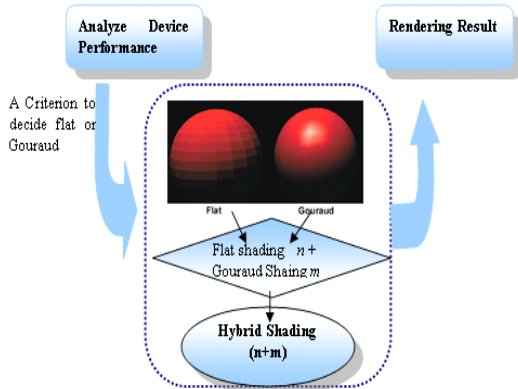
사용된 수식의 결과는 여러 단계의 해상도를 가지는 메시 모델을 생성하거나 물체의 렌더링에 적용할 적용 방법을 결정할 때 적용의 기준을 결정할 수 있다.

첫번째 수식은 환경이 바뀐 단말기의 성능을 평가하기 위한 항목이다.

$$D_{LR} = C_C / C_P \quad [식 1]$$

- Device Level Ratio ( $D_{LR}$ ) : 현재 서비스 되어져야 할 단말기 성능에 대한 레벨을 결정하기 위한 비율이다. 현재 적용이 이루어져야 할 단말기의 성능을  $C_C$  라고 하고 이전에 이용 중이던 단말기의 성능을  $C_P$  라고 하면, 비율은 현재의 단말기 성능을 이전의 단말기 성능으로 나눈 결과이다.

- [식 1]의 결과는 현재 단말기의 성능이 이전 단말기 성능에 비해서 어느 정도 높은지 혹은 낮은지를 성능비로 나타낸다. [식 1]의 결과에 대해서 현재 판매되고 있는 4가지 종류의 단말기를 선택하여 각 단말기에서 평균적인 사양을 사용하였을 경우 단말기 성능에 따른 성능비는 표 12와 같다. 일반적으로 데스크 탑에서 그래픽 카드를 포함하고 있을 경우 CPU성능을 최



(그림 1) 하이브리드 렌더링 개념도

대 42%까지 향상시킬 수 있다고 한다[5]. 이와 같은 성능 분석을 바탕으로 Geforce GPU(Graphic Processing Unit)를 포함한 2.46GHz 성능을 가지는 데스크 탑을 가장 높은 성능을 가지는 단말기로 규정하고 다른 단말기에서는 CPU성능만을 대상으로 할 경우의 성능비와 동일한 사양의 데스크 탑에서의 최대 폴리곤 처리 수를 100만[8]으로 하고 각각 단말기 성능비에 따른 폴리곤 처리 수의 예를 보였다. 또한 단말기 성능 중 모니터 해상도에 따라서 그래픽 질을 위한 최소한의 폴리곤 수는 한 프레임 당 표2와 같다. 제시한 자료를 통해서 데스크 탑에서 CPU성능을 이용한 폴리곤 수와 이를 표현하는 모니터 해상도에서 필요로 하는 폴리곤 수를 비교해 보면 CPU성능과 모니터 해상도 사이의 성능이 유사한 폴리곤 처리 능력을 보임을 알 수 있다.

<표 1> 단말기 성능에 따른 폴리곤 처리 수 예

단말기	CPU성능	데스크탑 대 성능비	초당 처리가능 폴리곤 수
데스크 탑	2.46GHz + Geforce GPU	1	100만
랩탑	1.76GHz	0.5	50만
PDA	300MHz	0.088	88235
휴대폰	70MHz	0.02	20588

<표 2> 모니터 해상도에 따른 필요 폴리곤 수

모니터 해상도	폴리곤 수
800 x 600	4~8K
1024 x 768	10~12K
1280 x 1024	18~26K

```

Algorithm DLR()
{
    Input : Previous Device's Capacity  $C_P$  &
           Current Device's Capacity  $C_C$ 
    Output: Device Level Ratio  $D_{LR}$ 
    Begin
        DecisionUpDown();
        // Decide that the current contents
        level is lower or higher
    End
}
    
```

다음은 단말기 성능에 따라 실행되는 최상의 콘텐츠의 실행율을 제공하기 보다는 사용자의 선호도에 따른 실행율을 계산하기 위한 수식이다. 콘텐츠의 적합한 레벨을 결정 하는데 있어서 사용자의 요구 사항을 반영함으로써 서비스의 효율성을 높일 수 있다.

$$N_{CP} = N_{PP} \times D_{LR} \quad \text{[식 2]}$$

- Number of Current Polygon( $N_{CP}$ ) : 바뀐 사용자 단말기 성능에서 표현할 수 있는 최대 폴리곤 수이다. 이전에 이용 중이던 단말기에서의 3D 콘텐츠 폴리곤 수  $N_{PP}$ (Number of Previous Polygon)와 [식 1]에서 구해진 결과인 단말기 성능비  $D_{LR}$ 을 사용한다.

```

Algorithm NCP()
{
    Input : Number of Previous Polygon  $N_{PP}$ 
    & Device Level Ratio  $D_{LR}$ 
    Output: Number of Current Polygon  $N_{CP}$ 
    Begin
        DecisionUpDown();
        // Decide the Maxium
        Number of Polygon using
        Current Device
    End
}
    
```

[식 2]에서 단말기 성능에 의한 폴리곤 수가 결정되면 사용자 선호도를 반영하기 위한 수식이 적용된다.

$$R_{UP} = UP / N_{CP} \quad \text{[식 3]}$$

- Ratio of User Preference( $N_{UP}$ ) : [식 2]에서의 결과인 현재 단말기에서의 최대 콘텐츠 폴리곤 수( $N_{CP}$ )와 사용자가 원하는 폴리곤 수( $UP$ )에 의한 비율이다.

[식 3]의 결과에 따라서 사용자의 선호도를 반영하여 새로운 폴리곤 수를 적용할 수도 있으며 선호도를 반영한 비율이 단말기에서 표현할 수 있는 최대 폴리곤 수보다 크거나 같은 경우는 더 이상 사용자의 선호도를 반영시킬 수 없다. 하지만 최대 표현 폴리곤 수 보다 더 적은 폴리곤 수를 원할 경우 사용자 선호도를 반영하여 질 보다는 표현하는 속도를 높일 수 있다. 즉, 사용자 선호도를 고려한 비율이 1 보다 큰 경우 폴리곤 수의 재 계산이 필요 하지 않으며, 1보다 작은 경우, 새로운 폴리곤 수를 계산하는

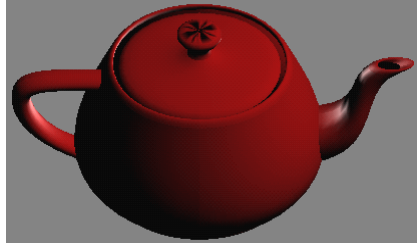
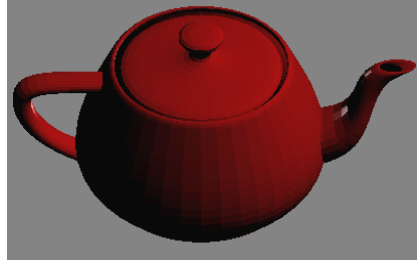
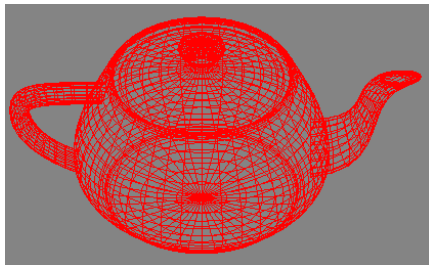
다음 단계의 수식을 적용할 필요가 있다.

#### 4. 구현 및 성능분석

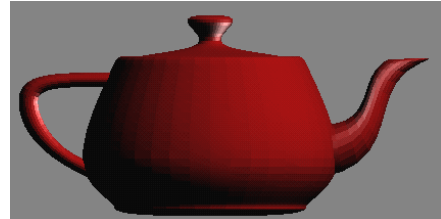
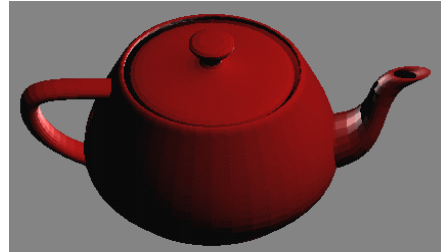
데스크탑과 휴대폰으로 단말기 환경을 설정하고 제안한 적응 방법에 따라 레벨이 결정된 메시지를 고로 음영법을 적용한 경우와 평면 음영법을 적용한 경우 하이브리드 렌더링 방식을 적용하였을 경우의 예를 각각 보이고 각 방식을 적용 하였을 경우 응용프로그램에서 필요로 하는 연산시간을 비교한다.

성능 분석에 대한 실행환경은 OpenGL API로 만들었으며 프로그램에 사용된 모델링 예제는 160개의 컨트롤 포인트를 기본으로 하여 30개의 베지어 패치로 구성하였으며 6400개의 폴리곤으로 구성된 티팟이다. 1GHz~2GHz의 처리속도를 가지는 데스크 탑과 64~88MHz의 처리속도를 가지는 휴대폰의 성능비를 기준으로 데스크 탑에서 100% 렌더링 성능을 발휘하는 그래픽 콘텐츠를 휴대폰에서 실행하고자 할 때 적절한 폴리곤 수를 계산하면 사용자 단말기 성능비는 약 0.028이 된다. 사용자 선호도에 따른 조건을 배제하고 단말기에서 표현할 수 있는 최대 폴리곤 수를 모두 사용한다고 하면 데스크 탑과 휴대폰의 성능비에 의해서 처리할 수 있는 휴대폰에서의 적절한 고로 음영 처리 폴리곤 수는 데스크 탑의 약 179개 정도로 계산된다.

그림2는 데스크 탑 환경에서 예제로 사용된 티팟을 평면 음영법과 고로 음영법을 사용하여 렌더링한 경우와 메시로 표현한 경우이고 그림 3은 하이브리드 렌더링을 적용할 결과이다. 실험한 데스크 탑 환경은 Window XP 펜티엄 4, CPU 2.8GHz, 512MB RAM으로 구성되어 있고, 모니터의 해상도는 1280 x 1024 이며 그래픽 카드는 NVIDIA GeForce 4 MX 440이다.



(그림 2) 티팟: (위부터 아래로) 메시, 평면 음영, 고로 음영법으로 표현



(그림 3) 티팟: 하이브리드 렌더링 적용

폴리곤의 갯수를  $n$ 이라고 하면, 기준 값을 결정하기 위해서는 폴리곤의 크기를 구하기 위한 반복 실행문  $n$ 과 각 정점에서의 광원의 인텐시티를 구하기 위한 처리 과정에서 주변반사, 난반사, 전반사에 대한 계산이  $8n$ 만큼 필요하며 전체적으로 반복 실행 횟수는  $9n$ 이다. 그리고 평면 음영에 걸리는 시간은 기준 값을 결정하는 시간 외에 각 폴리곤에 대한 법선 벡터를 구하기 위한 시간을 더 요구한다. 또한 고로 음영의 경우 기준 값을 결정하기 위한 시간  $n$ 과 각 정점에 대한 평균 법선 벡터를 위한 연산시간  $4n$ 을 더

요구하게 되므로 티팟 모델 예제의 경우 필요한 연산 횟수는 아래 표 3과 같다.

<표 3> 6400개의 폴리곤을 가지는 토루스 예제를 이용한 연산횟수 비교

연산 대상	연산횟수
기준값 결정시	$9 \times 6400 = 57600$
평면 음영만 적용 시	$(9 \times 6400) + 6400 = 64000$
고로 음영만 적용 시	$(9 \times 6400) + (4 \times 6400) = 832008$
하이브리드 렌더링 기준 값 적용 시	$(9 \times 6400) + (1 \times 179) + (4 \times 4421) = 75463$

비교한 연산횟수를 보면 고로음영 적용시보다 하이브리드 렌더링을 적용한 경우 연산횟수가 줄어들어 렌더링 시간을 덜 요구함을 알 수 있다. 다만, 성능분석을 하기 위해 사용된 현재의 그래픽 콘텐츠가 실행중인 단말기를 휴대폰으로 설정했고 예제 프로그램인 티팟 모델의 폴리곤 수가 많지 않으며 티팟 모델을 구성하고 있는 전체적인 폴리곤 크기나 인텐시티의 차이를 이용한 고로 음영이 적용된 폴리곤의 수가 약 179개 정도에 불과하다. 따라서 하이브리드 렌더링을 적용한 구현 결과는 질적으로 평면 음영보다 약간 부드러운 정도이다.

연산횟수를 보면 고로음영 적용시보다 하이브리드 렌더링을 적용한 경우 연산횟수가 약 7500회 정도 줄어들어 렌더링 시간을 덜 요구함을 알 수 있다.

### 5. 결론 및 향후 과제

다양한 단말기에서 3차원 그래픽 콘텐츠를 서비스하기 위한 기술은 여러 방향으로 연구되고 있다. 특히 실시간 렌더링 기술을 위하여 개발된 LOD 개념을 확대하여 렌더링 대상의 복잡도를 몇 개의 상세도를 가지는 단계로 나누어 서비스하고자 하는 기술은 다양한 사용자 환경에 매우 부합하는 기술로 관심을 받고 있다. 그래픽 콘텐츠의 원활한 서비스를 위해 기존의 모델링이나 광역 조명계산 방법에 적용되던 LOD개념이 아닌 지역조명모델에서의 하이브리드 렌더링을 이

용한 LOD방법을 제안하였다. 하이브리드 렌더링은 기존의 고로 음영과 평면 음영 라이브러리를 개선한 방법으로 하나의 물체를 이루는 여러 개의 폴리곤에 각각 다른 음영법을 적절하게 적용한다. 하지만 그래픽 콘텐츠가 서비스되고 있는 단말기의 성능이나 사용자의 선호도, 콘텐츠의 크기 및 기타 네트워크 환경 등을 고려하여 물체나 장면에 적용할 적절한 수준을 결정하는 알고리즘에 대한 연구가 필요했다.

적용이 이루어져야 할 단말기와 현재의 단말기 성능비와 바뀐 사용자 단말기에서의 콘텐츠 실행을 및 사용자 선호도의 반응 여부를 수식으로 계산하여 사용자의 환경에 맞춘 가장 적절한 수준의 콘텐츠를 생성할 수 있다.

향후 과제로는 데스크 탑에서 실행되고 있는 예제를 PDA나 휴대폰과 같은 저 성능 단말기에서 직접 테스트하여 실행을이나 그래픽의 질 등에 대한 성능분석이 필요하다.

### 참 고 문 헌

- [1] Alan Watt, 3D Computer Graphics, Addison Wesley, 2000
- [2] H. Kim, C. Joslin, T. Di Giacomo, S. Garchery, N. Magnenat-Thalmann : Multi-resolution Meshes for Multiple Target, Single Content Adaptation within the MPEG-21 Framework, IEEE ICME Conference, pp.1699-1702, 2004
- [3] P. Gioia, A. Cotarmanac'h, K. Kamyab, P. Goulev, E. Mamdani, I. Wolf, A. Graffunder, G. Panis, A. Hutter, A. Difino, B. Negro, M. Kimiaei, C. Concolato, J. Dufourd, T. Di Giacomo, C. Joslin, N. Magnenat-Thalmann : ISIS: Intelligent Scalability for Interoperable Services. IEE CVMP pp. 295-304, 2004
- [4] Survey of Multiresolution Modeling, <http://www.cs.cmu.edu/afs/cs/user/garland/www/multires/survey.html>
- [5] Anthony Vetro, Christian Timmerer : Digital Item Adaptation: Overview of Standardization and Research Activities. IEEE Transactions on Multimedia, VOL. 7, NO. 3, pp. 418-426, 2005
- [6] Eric Lengyel : Mathematics for 3D Game Programming and Computer Graphics 2ndEdition,CHRLERSRIVERMEDIA,INC.

[7] 장호욱, 이인호, 사실적 장면 표현을 위한 렌더링 기술 동향, 전자통신동향분석, 20권 6호 (통권 96), 2005

[8] 멀티 플랫폼 공용 온라인 게임 개발, 정보통신 산업 기술 개발 사업 연구 개발 결과 보고서, 2003

[9] Kyu-Young Whang Ju-Won Song, Ji-Woong Chang, Ji-Yun Kim, Wan-Sup Cho, Chong-Mok Park, Il-Yeol Song, Octree-R: An Adaptive Octree for Efficient Ray Tracing, pp. 343-349, Vol. 1, No. 4, IEEE transaction on Visualization and Computer Graphics, 1995

[10] Aaron Knoll, Ingo Wald, Steven Parker, Charles Hansen, Interactive Isosurface Ray Tracing of Large Octree Volumes, Interactive Ray Tracing 2006, IEEE Symposium on, pp.115-124, 2006

[11] Karsten Hilbert, Guido Brunnett, "A Hybrid LOD Based Rendering Approach for Dynamic Scenes," c gi, pp.274-277, ComputerGraphicsInternational2004 (CGI'04), 2004

[12] Proceedings of the 4th international conference on Computer graphics and interactive techniques, pp. 157 - 163, 2006

[13] 이범중, 윤종현, 박종승, 균일한 렌더링 부하를 위한 영역기반의 기어도 컬링 한국정보과학회 학술발표논문집 Vol. 33, No. 2(A), pp. 148~152, 2006

[14] 김학란, 박화진, LOD(Level of Detail)를 지원하는 하이브리드 렌더링 모델, 한국디지털콘텐츠학회 논문집 Vol. 9, No. 3, pp. 509~516, 2008

### 김 학 란



2003년 :숙명여자대학교 대학원 (통신학석사)  
 2007년 :숙명여자대학교 대학원 (이학박사-컴퓨터그래픽스)

2003년~2007년: 숙명여자대학교, 한성대학교 출강  
 2004년~현재: 한성대학교 멀티미디어공학과 겸임교수

2008년 10월~ 현재: 경원대학교 CT연구소 연구교수  
 관심분야: 컴퓨터그래픽스, 게임, 가상현실, 애니메이션, 유비쿼터스 컴퓨팅(AR) 등

### 박 화 진



1989년 :숙명여자대학교 대학원 (이학석사)  
 1997년 : Arizona State Uni. Computer Science (공학박사-컴퓨터그래픽)

1997년~1998년 : 삼성 SDS연구소 선임 연구원  
 1998년~2000년 : 평택대학교 전임강사  
 2006년~현재 : 숙명여자대학교 멀티미디어학과 교수

관심분야: 컴퓨터그래픽스, 게임, 3D모델링, 가상현실, 멀티미디어 등