

모바일 콘텐츠의 수묵 담채 렌더링을 위한 프로세싱 기법

Processing Methods for Ink-and-Wash Painting in Mobile Contents

장현호, 전재웅, 최윤철
연세대학교 컴퓨터학과

Hyunho Jang(kencot@gmail.com), Jaewoong Jeon(demiblu@gmail.com),
Yoon-Chul Choy(ycchoy@rainbow.yonsei.ac.kr)

요약

스마트폰과 태블릿 PC 같은 모바일 기기의 보급과 콘텐츠 사용 증가로 모바일 환경에서의 컴퓨터 그래픽스 연구가 활발하게 진행되고 있다. 그러나 아직까지 수묵화 및 담채 렌더링 기법과 같은 비실사적 기법을 모바일 기기 상에서 효과적으로 구현하기 위한 연구는 부족한 편이다. 모바일 기기는 데스크 탑 환경에 비해 하드웨어적 한계를 가지고 있기 때문에 비실사적 렌더링 기법이 적용된 콘텐츠를 렌더링 하기 위해서는 단말기의 제약성을 고려한 특화된 렌더링 파이프 라인이 필요하다. 본 논문에서는 비실사적 기법 중에서도 수묵화 기법과 담채화 기법을 모바일 환경에서 구현하기 위한 3차원 그래픽스 렌더링 파이프라인과 셰이딩 파일 전처리 기법을 제안한다. 제안하는 기법을 이용하면 비실사적 렌더링이 적용된 다양한 3D 모바일 콘텐츠를 생성할 수 있고 사용자는 모바일 디스플레이 환경에서 실시간으로 수묵 담채 렌더링 된 콘텐츠를 볼 수 있을 것으로 기대한다.

■ 중심어 : | 비실사적 렌더링 | 렌더링 파이프라인 | 수묵 렌더링 | 전처리 | 담채 렌더링 |

Abstract

Development of mobile devices such as smart phones and tablet PC and increased usage for mobile contents make researches of mobile computer graphics noticeable. However, previous non-photorealistic renderings such as an ink-and-wash painting with thin colors are almost designed for desktop platform and not well-matched for mobile devices. In the result, mobile-specific rendering techniques are needed to create 3D mobile contents with non-photorealistic graphics. We introduce processing techniques that are especially ink-and-wash painting and oriental thin coloring in mobile devices. Through the result of this paper, it is expected that various 3D mobile contents with non-photorealistic styles are made. Proposed work also can allow mobile devices render it in realtime using proposed preprocessing techniques and rendering pipelines.

■ keyword : | Non-photorealistic | Ink-and-wash Painting | Preprocess | Rendering Pipeline | Thin Coloring |

I. 서론

스마트 폰과 태블릿 PC 같은 다양한 모바일 기기가

보급되면서 모바일 환경은 컴퓨터 산업의 중요 분야로 자리 잡아 가고 있다[1]. 그러나 모바일 기기는 휴대가 간편하다는 장점을 가지고 있지만, 휴대성을 높이기 위

* 본 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No.2010-0027654).
접수번호 : #101129-007 심사완료일 : 2011년 01월 18일
접수일자 : 2010년 11월 29일 교신저자 : 전재웅, e-mail : demiblu@gmail.com

해 기기의 하드웨어적인 한계가 분명해 진다는 단점을 가지고 있다. 따라서 데스크 탑 플랫폼에서 개발된 기존의 컴퓨터 그래픽스 프로세스를 모바일 환경에서 그대로 사용할 경우 성능 상의 문제를 초래하기 때문에 이런 문제를 해결하기 위해서 다양한 연구와 모바일 기기를 위한 전용 라이브러리의 개발이 활발하게 이뤄지고 있다.

특히 근래에는 모바일 기기에 내장된 그래픽 하드웨어의 성능이 비약적으로 발전하면서 2차원 그래픽스뿐만 아니라 3차원 그래픽스를 사용한 콘텐츠가 늘어나고 있고 이를 위한 연구와 개발 또한 이어지고 있다. 모바일 기기에서의 3차원 그래픽스 구현을 위한 그래픽스 라이브러리 중에서 대표적인 것으로는 크로노스 그룹의 OPEN GL|ES[2]가 있다. 크로노스 그룹에서는 데스크 탑 환경의 3차원 그래픽스 라이브러리인 OPEN GL의 모바일 기기를 위한 서브셋으로 OPEN GL|ES를 발표하고, 모바일 하드웨어의 성능 안에서 3차원 그래픽스 구현을 발전시켜 나가고 있다. 3차원 그래픽스 분야의 연구는 그동안 현실적 또는 실사적 그래픽스에 중점을 두고 연구가 진행되었다. 하지만 사용자의 시각적 만족을 위해 다양한 그래픽스 기법이 필요하게 되고, 모바일 기기의 특성상 비교적 작은 디스플레이 안에서 효과적으로 사용자와의 커뮤니케이션을 이루기 위해서 최근 비실사적 렌더링 기법에 대한 연구가 활발해지고 있다[3][4].

본 논문에서는 모바일 환경에서 주어진 하드웨어 성능을 이용하여 비실사적 렌더링 기법인 수목화 기법 및 담채화 렌더링 기법을 구현하기 위한 렌더링 기법을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 모바일 기기에서의 수목 및 담채화 렌더링 기법은 3가지 모듈로 구성되어 있다. 이는 1차원 담채화 셰이딩 텍스처 맵의 생성과 생성된 1차원 텍스처 매핑 좌표 계산 등의 전처리를 통한 파일 생성, 모바일 환경의 디스플레이 성능에 맞는 수목화 실루엣 에지 렌더링 기법, 그리고 전처리 파일을 이용한 모바일 기기에서의 수목 담채 렌더링 기법이다. 제안하는 담채화 셰이딩 기법은 전처리 프로세스를 통해서 다양한 비실사적 효과를 모바일 기기에서 가능하게 만들며, 모바일 환경을 위한 실루엣 에지 렌더링과 사

용자 중심의 회전각 계산은 각각 다른 디스플레이 성능을 가진 모바일 환경에서 각 환경에 적합한 객체 공간 실루엣 에지 렌더링 기법을 설정할 수 있고 담채화 셰이딩 성능을 결정하게 되어 사용자가 원하는 비실사적 렌더링 성능을 얻게 된다. 회전각에 따른 매핑 좌표 및 1차원 텍스처 블렌딩 맵의 전처리 파일 형성 과정은 3차원 그래픽스 렌더링 파이프 라인에서 가장 자원 소비가 많은 광원 계산 부분과 텍스처 매핑 좌표 계산, 패스 블렌딩을 전처리 하는 과정으로 모바일 기기에서 이뤄지는 실시간 계산량을 감소시키는 과정이다. 이 과정이 끝나면 생성된 전처리 파일의 데이터를 사용하여 수목 담채화 기법이 적용된 콘텐츠를 모바일 기기에서 렌더링하게 된다. 즉, 제안하는 시스템은 모바일 환경에 맞추어 제안된 객체 공간 실루엣 에지 탐색의 준비단계 및 모바일 기기를 위한 전처리를 통해서 모바일 기기 성능에 부합하는 비실사적 실루엣 에지 렌더링을 이뤄내고, 많은 계산량으로 모바일 기기에서 성능 저하를 가져오는 담채화 셰이딩 부분의 전처리 파일 대체 기법을 결합하여 모바일 기기에서 동양 회화적 기법이 적용된 3차원 콘텐츠를 보여준다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 기존의 비실사적 렌더링 기법의 종류 및 실루엣 에지 렌더링과 수목 담채화 셰이딩에 대해 살펴본다. III장에서는 모바일 환경에 따른 객체 공간 수목화 실루엣 에지 렌더링 기법과 담채화 셰이딩을 위한 텍스처의 효과, 블렌딩, 시점과 농담의 방향 회전각 설정 기법, 회전각에 따른 농도, 즉 1차원 맵의 매핑 좌표 등을 포함한 전처리 파일 생성 기법에 대해서 설명한다. IV장에서는 제안하는 시스템을 구현하고 분석을 통해서 제시된 기법을 평가해 본다. 마지막 V장에서는 본 논문의 결론과 향후 연구 방향을 제시한다.

II. 관련 연구

1. 비실사적 렌더링

컴퓨터 그래픽스 연구는 크게 현실과 최대한 근접하는 정밀도의 그래픽스 효과를 추구하는 실사적 렌더링

기법(Photorealistic Rendering)과 이와는 다르게 사용자와의 커뮤니케이션에 그래픽스 구현의 목적을 두고 추상화의 정도를 조절하여 화면을 구성하는 비실사적 렌더링 기법으로 분류할 수 있다. 이 중 전자는 컴퓨터 그래픽스 기술이 점차 발달해 오면서 가장 활성화 된 분야이고 후자는 컴퓨터 그래픽스 기술의 발달과 함께 다양한 분야 및 효과를 위해 컴퓨터 그래픽스의 필요성이 대두되면서 연구되기 시작하여 모바일 기기 등의 새로운 영역에서도 부각되고 있는 분야라고 할 수 있다.

비실사적 렌더링 기법은 크게 예술적 매체를 컴퓨터 그래픽스로 시뮬레이션 하는 기법과 사용자의 작업에 비실사적 그래픽스 효과를 주어 새로운 그래픽스를 생성하는 기법, 자동적으로 미리 정해놓은 알고리즘에 따라서 추상화된 그래픽스를 생성하는 방법 등이 있다 [3][4].

2. 실루엣 에지 렌더링

실루엣 에지를 탐색하는 방법은 크게 세 가지로 이미지 공간 알고리즘과 객체 공간 알고리즘, 그리고 두 가지 기법의 다양한 결합으로 생성된 하이브리드 알고리즘으로 구분한다. 이 중 객체 공간 알고리즘은 3차원 공간 내에서 모델의 정보를 바탕으로 에지를 계산해 내는 방법이다. 실루엣 에지를 렌더링 하는 방법에는 실루엣 에지의 가시성을 계산하는 우선 계산 알고리즘[5]과 우선 선을 제거하는 기법을 통한 실루엣 에지 렌더링[6], 그리고 정적인 다면체 모델에서 근접 정보를 통한 실시간 실루엣 에지를 렌더링 하는 방법[7][11] 등이 있다. 또한 깊이 버퍼와 폴리곤 집합을 사용하여 화면에 보이는 실루엣 에지를 실시간으로 계산하는 방법[8]도 제시되었다. 이외에도 실루엣 에지 렌더링은 검출된 에지에 다양한 예술적 효과를 적용하여 화면에 표현하는 방법들도 포함하고 있다[9][10].

3. 수목 담채화 기법

수목 담채화 기법은 크게 선과 내부의 채색으로 이뤄진다. 이 중 선 부분은 실루엣 에지를 추출하여 이를 수목 효과를 주어 렌더링 하는 것으로 구현하며 선의 내부를 채색하는 과정에는 수목 담채화 셰이딩 기법을 사

용하게 된다. 기존의 연구에서는 수목 담채화 효과를 표현하기 위해 Kubelka-Munk 모델을 사용하여 실루엣 에지 렌더링과 채색 텍스처를 구현한 기법이 제시되었다[12]. 이 연구는 여러 패스를 거쳐 각 패스에 해당하는 텍스처 맵을 적용하였고 각각의 패스 사이에 블렌딩 효과를 주어 담채화의 느낌을 주게 된다. 하지만 이 기법은 각각의 패스가 렌더링 단계를 증가시킨다는 단점을 가지고 있다.

III. 모바일 수목 담채화 렌더링 시스템

1. 모바일 실루엣 에지 렌더링

모바일 수목 담채화 렌더링 효과를 구현하기 위하여 먼저 선을 표현하기 위한 실루엣 에지 렌더링을 사용한다. 3차원 모델에서 전면 폴리곤과 후면 폴리곤이 에지를 공유할 경우에 실루엣 에지가 형성되는데, 일반적인 실루엣 에지 렌더링을 위해서 시스템은 3차원 모델의 전체 페이스들을 반복적으로 돌면서 에지 리스트를 생성한다. 그 후 각 프레임에서 에지를 두고 인접한 두 면의 노말 벡터와 시선 벡터의 내적을 서로 곱하여 얻은 값을 0과 비교하여 실루엣 에지를 찾아낸다. 만약 이 계산의 결과가 0보다 같거나 작을 경우, 이 부분은 실루엣 에지로서 추후의 렌더링 과정을 위해 플래그(flag)로 체크해 두고 에지 렌더링 과정에서 표현하게 된다[7].

그러나 이 과정을 그대로 모바일 기기에 적용할 경우 부족한 모바일 성능으로 인하여 원활한 렌더링에 문제가 생길 수 있다. 또한 모델을 불러올 때 모든 에지 리스트 형식으로 메모리에 배정하고 저장하는 방식은 모바일 기기에서 수행할 경우 하드웨어 성능에 따라 작업 부하가 많이 걸리는 프로세스이다. 따라서 모바일 기기에서의 수목화 실루엣 에지 렌더링 방식에서는 실루엣 에지 렌더링 방식에 변화를 주어 모델을 불러올 때 미리 전처리 도구에서 모바일 기기에 맞도록 3차원 모델 파일을 1차적으로 처리한 후 계산의 부하를 줄인 새로운 형태의 모델을 모바일 기기에서 불러오는 전처리 방식을 택하고 있다. 이 새로운 실루엣 에지 렌더링 방식은 우선 실루엣 에지 자체가 전체 에지 리스트의

데이터 중 약 10% 이하라는 사실에 근거하고 있으며 실루엣 에지의 처리를 위해서 이전 프레임 실루엣 에지의 주변 에지만을 계산하여 모든 에지에 대한 계산을 줄여 25% 정도만의 계산량을 유지하게 된다.

이러한 실루엣 에지 렌더링 방식은 일반적으로 속도와 계산량에 있어서 유리하지만 정밀한 에지의 생성에는 좋지 않은 효과를 주게 되는 단점이 있다. 그러나 제안하는 시스템에서는 여백의 미를 살리는 수목의 느낌과 랜덤하게 생성되는 실루엣 에지의 느낌이 어우러져 수목 담채화라는 렌더링 목표의 특성과 잘 부합하고 있다. 또한 실루엣 에지 렌더링의 계산량의 비율은 모바일 기기의 속성과 종류에 따라서 자유롭게 수정이 가능하며 선의 굵기와 예술적 특성에 따라서 랜덤한 속성과 선의 조밀도를 설정할 수 있다는 구현 상의 장점도 가지고 있다[그림 1].

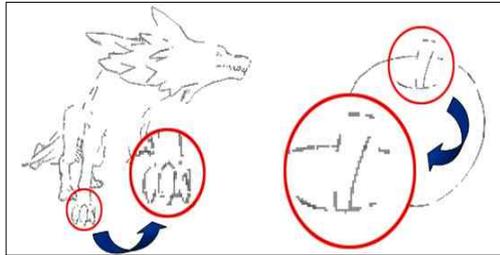


그림 1. 실루엣의 랜덤한 속성과 선의 조밀도



그림 2. 수목화 실루엣 에지 처리 과정

본 논문에서 제시된 실루엣 에지 렌더링 기법은 [그림 2]의 프로세스에 따라 진행된다. 모바일 기기를 위해 제안된 본 논문의 수목화 실루엣 에지 렌더링 기법을 3차원 모델의 에지에 적용한 중간 결과물은 [그림 3]과

같다.

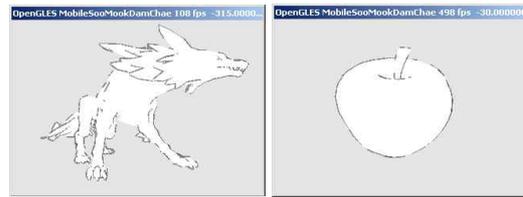


그림 3. 모바일 에뮬레이터 상의 수목 실루엣 에지 렌더링 결과물

2. 모바일 기기에서의 담채화 셰이딩 전처리 과정 및 도구

2.1 담채화 셰이딩

수목담채화 렌더링의 전체 과정 중에서 첫 번째 단계인 수목 실루엣 에지 렌더링은 실제 수목담채화를 그리는 과정에서 먹으로 외곽 형태를 그리는 단계와 같다. 선이 완성된 후 수목담채화 렌더링을 위한 다음 단계는 담채화 셰이딩으로 농담의 색이 번진 듯한 채색 효과를 주게 된다. 이를 위해 [그림 4]와 [식 1]의 계산식을 사용하여 담-중색과 중-농색을 구하고 이를 로우패스 필터로 블렌딩하고 알파 값을 담, 중, 농에 알맞게 대입하여 텍스처를 생성한다. 생성된 텍스처와 함께 각 정점에서의 1차원 텍스처 좌표를 계산하여 전처리 파일로 저장한 후 모바일 기기에서의 텍스처 매핑을 통해서 모바일 담채화 셰이딩을 구현한다. 담, 중, 농색 계산과 농도 계산 즉, 텍스처 좌표 계산을 위한 식(광원 벡터 L , 법선 벡터 N)은 [그림 4], [식 1]과 같다.

Color

$Dcolor = Color - 0.1$

$LColorFactor = GlobalFactor * DColor + DPaperFactor * Dcolor + LPaperFactor * Color$

$DColorFactor = GlobalFactor * DColor + DPaperFactor * Dcolor$

0 = White
 1 = $LColorFactor + 0.2$
 2 = $LColorFactor$
 3 = Color
 4 = $DColorFactor$
 5 = $DColorFactor - 0.05$
 6 = $DColorFactor - 0.1$
 7 = $DColorFactor - 0.15$

0 1 2 3 4 5 6 7

담색 중색 농색

Alpha 0.2 ~ 0.9

Color : 입력 컬러
 Dcolor : 2차 컬러
 LPaperFactor : 담-중색에 대한 중이 (factor 0.6)
 DPaperFactor : 중-농색에 대한 중이 (factor 0.8)
 GlobalFactor : 환경 (factor 0.4)

그림 4. 담·중·농색 계산식

$$\max(0, L \cdot N) \quad (1)$$

기존 데스크톱에서 이루어지던 방식은 여러 개의 레이어를 두고 반복 렌더링에 의해 서로 간의 블렌딩 효과로써 담채화 렌더링을 구현하였다[12]. 그러나 기존의 셰이딩 방식은 한 번의 렌더링에 3번 이상의 레이어 렌더링과 블렌딩이 필요하다. 본 논문은 [그림 4] 속의 계산식으로 1차원 텍스처 맵을 생성한 후, 로우패스 필터 처리를 통해 각 단계의 색상, 농도를 나타내는 알파값을 블렌딩하여, 1 패스 렌더링에 담채 셰이딩 구현이 가능하도록 하는 프로세스를 제안한다. 이 단일 레이어 셰이딩 방식은 성능 상의 부하를 줄여 모바일 환경에서 하드웨어의 제약 없이 실행이 가능하며 다중 레이어에 적용된 예술적 효과를 동일하게 유지할 수 있다는 장점을 가지고 있다[그림 5].

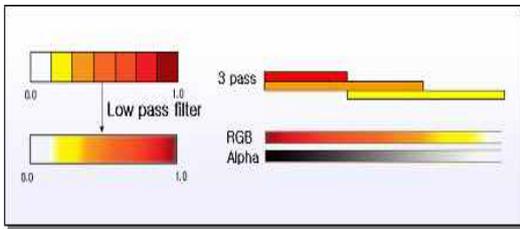


그림 5. 1패스와 3패스 시스템과의 비교

2.2 시점과 농담의 방향 회전각 설정

본 논문에서 제시된 전처리 기법은 모바일 기기에서 담채화 셰이딩 구현과 원활한 동작을 위하여 개발되었다. 셰이딩 프로세스의 파일 전처리를 위해 각 모바일 기기에 맞는 사용자 정의의 회전각을 설정하여야 한다. 셰이딩 계산은 일반적으로 시점이 변할 때마다 실시간으로 계산을 해주어야 하는데 시점과 농담의 방향 회전각을 사용자가 설정하여 정해진 각도에 따라 셰이딩 프로세스를 전처리 파일화 하는 것이다. 회전각은 모바일 기기의 디스플레이 특성과 하드웨어 성능에 따라서 조절이 가능하다. 다양한 모바일 기기를 대상으로 하여 각각의 기기에 적합한 성능의 회전각 데이터를 생성하기 위해서 다음 두 가지 규칙이 필요하다.

[규칙 1] 회전각의 단위 설정

최소 5도 단위부터 최대 45도 단위까지 설정 가능

[규칙 2] 회전 주체의 설정

모델의 회전과 광원의 위치 변환 선택

[그림 6]은 3차원 모델의 회전각의 설정을 표현한 것이다.

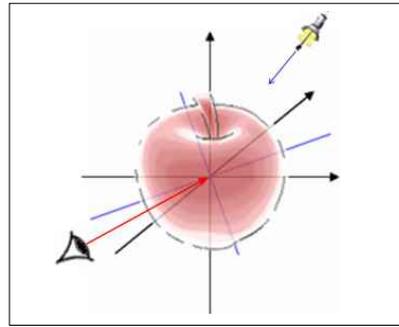


그림 6. 시점과 농담의 회전각 설정

2.3 전처리 도구 구조

수목 담채화 렌더링 파이프 라인에서 담채화 셰이딩 부분은 모바일 기기에서 많은 계산과 하드웨어적 지원을 필요로 한다. 따라서 하드웨어 성능이 데스크탑 환경에 비하여 부족한 모바일 기기에서는 셰이딩 파이프 라인 중 계산량이 많은 부분과 하드웨어 지원이 필요한 부분을 파일로 전처리 하여 대체하는 기법이 필요하다. 전처리 파일의 생성을 위하여 제작된 수목 담채화 렌더링 전처리 도구의 구조도는 [그림 7]과 같다.

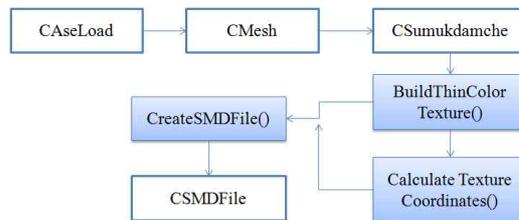


그림 7. 전처리 도구의 구성 및 진행도

수목 담채 렌더링 전처리 도구는 다음과 같은 과정을

거친다.

- (1) ASCII 3D scene 파일인 ASE파일을 로딩
- (2) ASE파일로부터 읽어 들인 모델 데이터에서 전처리 도구에 디스플레이 하기 위한 실루엣 에지 근접 정보를 계산
- (3) 설정한 회전 각도, 담색과 증색의 위치를 정하는 농도의 방향, 주색상에 따라 담, 증, 농색을 구하고 각 재질에 대한 담채 블렌딩 된 텍스처를 생성
- (4) 3D모델의 각 정점에서 1차원 텍스처 좌표계 계산
- (5) 여러 시점을 통해 모델을 확인(카메라 시점 이동, 회전, 확대/축소)
- (6) 농도, 번짐 방향을 조절하여 담채 셰이딩 확인
- (7) 셰이딩 색상 선택 대화상자와 실루엣 에지 두께 선택 대화상자를 통해서 사용자는 원하는 수목 담채화 렌더링 효과를 생성
- (8) 설정한 모든 정보를 제안된 파일 형태로 생성

2.4 전처리 파일의 구성

전처리 파일 SMD 내에는 회전각에 따른 1차원 텍스처 맵과 1차원 매핑 좌표, 정점과 면의 정보가 담긴 연결 인덱스가 포함되며 모바일 기기에서 3차원 모델과 결합하여 수목 담채화 기법을 구현하게 된다. [그림 8]은 SMD 파일 내의 구조 및 내용을 보여준다.

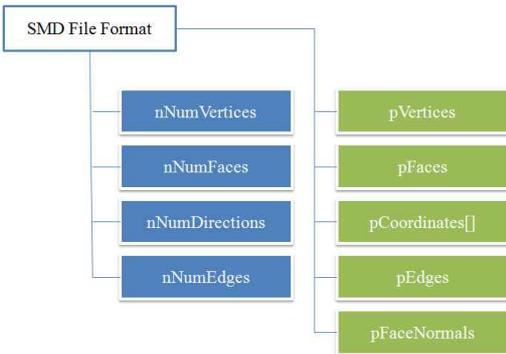


그림 8. SMD 파일의 구조도

3. 모바일 기기에서의 수목 담채 렌더링 구현

전처리 도구를 통해서 생성된 사용자 정의의 전처리

파일은 모바일 기기로 전송되어 수목화 실루엣 에지 렌더링 모듈과 담채화 셰이딩 모듈이 결합된 수목 담채화 렌더링 모듈을 통해서 모바일 디스플레이 상에 구현된다. [그림 9]는 모바일 기기에서 수목담채화 렌더링 시스템의 구조도이다.

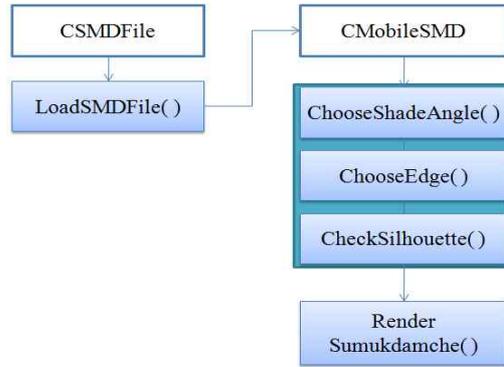


그림 9. 모바일 기기에서의 수목 담채 렌더링 시스템

모바일 기기에서 수목 담채화 렌더링의 진행은 [그림 9]에 따라 우선 전처리 파일을 불러 온다. 전처리 파일 SMD는 바이너리 포맷으로 파일 용량이 작아 모바일 기기에 전송이 용이하고 처리가 빠르다는 특징을 가지고 있다. 그 후 각각 실루엣 에지 렌더링을 담당하고 있는 모듈과 전처리 파일의 1차원 매핑 좌표 자료를 이용하여 텍스처 처리를 하는 모듈의 처리를 통해 최종적으로 모바일 기기의 화면에 수목 담채화 렌더링 처리된 3차원 모델을 렌더링하게 된다.

IV. 모바일 시스템의 구현 및 평가

1. 시스템 구현

수목담채화 렌더링 시스템은 전처리 도구 인터페이스와 수목담채화 렌더링 엔진으로 구성된다. 전처리 도구 인터페이스는 모바일 수목 담채화 렌더링을 위한 사용자 정보를 입력 받고 전처리를 통해 파일을 생성한다. 모바일 기기 상의 수목담채화 렌더링 엔진은 수목 실루엣 에지 렌더링 모듈과 전처리 파일을 이용한 담채화 셰이딩 모듈로 구성된다. 사용자는 데스크 탑 환경

에서 수목담채화 렌더링 전처리 도구를 이용해서 3차원 모델을 불러온 후 각각의 모바일 기기 특성에 맞는 3차원 모델의 회전각을 설정하고 담채화 셰이딩에 사용할 색상과 농도의 방향 등을 설정한다. 사용자는 여러 시점의 렌더링 윈도를 통해서 수목담채 기법이 적용된 3차원 콘텐츠를 관찰하고 원하는 설정이 이뤄진 경우 파일 프로세스를 진행하여 전처리 파일을 생성한다. 이후 모바일 기기에서 해당 모델을 요구하면, 모바일 기기의 수목담채화 렌더링 엔진에서는 저장된 SMD 형식의 전처리 파일의 자료를 읽어 들인 후 수목 실루엣 에지 렌더링 모듈과 담채화 셰이딩 모듈을 통해서 수목담채화 렌더링 처리된 모델을 보여주게 된다. [그림 10]은 제안하는 수목담채화 렌더링 시스템의 전체 구조를 나타낸다.

2. 모바일 수목 담채화 렌더링 처리

모바일 기기로 전송되어 저장된 SMD 파일은 수목담채화 렌더링 엔진에서 실시간으로 처리되며 그 결과물은 다음과 같다. [그림 11]은 Hybrid 사의 구현 도구를 이용하여 제작한 OPEN GL|ES 에뮬레이터 상에서 제안 연구를 적용한 3차원 수목 담채 렌더링 결과이며 [그림 12]는 실제 안드로이드 2.2 운영체제를 사용하는 모바일 폰(HTC Nexus One)에서 제안 수목 담채 렌더링 기법을 적용한 결과이다.

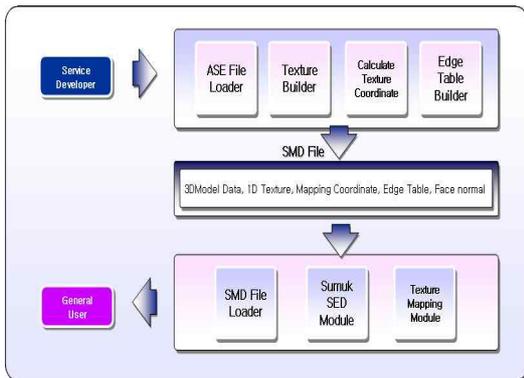


그림 10. 수목 담채화 렌더링 시스템의 전체 구조

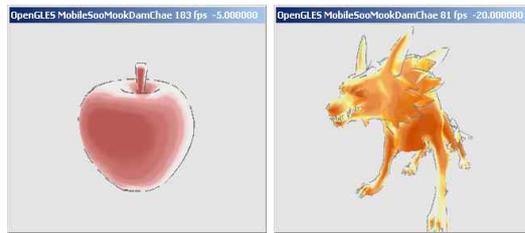


그림 11. OPEN GL|ES 에뮬레이터상의 수목 담채 렌더링

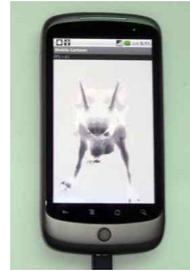


그림 12. 모바일 기기 상의 수목 담채 렌더링 예

수목담채화 렌더링이 적용된 결과물은 논문에서 제안된 수목화 실루엣 에지 렌더링 기법에 의해 외곽선을 표현하고 전처리 파일을 통해서 구현된 담채화 셰이딩 정보를 가져와 최종적으로 수목담채화 렌더링 기법으로 표현되었다.

4. 시스템의 분석 및 평가

4.1 담채 셰이딩 기법의 비교 분석

본 논문에서 제안하는 모바일 기기 수목 담채화 렌더링 시스템에서의 담채화 셰이딩 기법은 데스크 탑 환경에서 구현되었던 담채화 셰이딩 기법을 모바일 기기에서 사용할 수 있도록 기존의 담채화 셰이딩 파이프라인과는 다른 변형된 렌더링 과정을 거친다. 우선 기존의 담채화 셰이딩 방식은 전처리 과정에서 각각의 재료에 대해 담색, 중색과 농색을 계산하고 1차원 텍스처 맵을 각각 생성하여 저장한다. 그 후 실시간 시행 과정에서는 3차원 모델의 각 정점에서 1차원 텍스처 좌표계측, 농도를 계산하여 생성한 색상만큼 반복 렌더링을 한다. 이후 뷰가 변할 때마다 1차원 텍스처 좌표를 계산하여 렌더링 하는 과정을 반복한다. 이에 비하여 본 논

문에서 제안하는 담채화 웨이딩 방식은 모바일 기기의 성능에 따라 크게 영향을 받는 색상 수에 따른 다중 패스 렌더링을 한 번의 렌더링으로 표현할 수 있는 텍스처 생성 방법과 1차원 텍스처 매핑 좌표 계산 과정을 제작자가 정의한 각도 별로 전처리 하여 파일로 저장하는 방식을 제시한다. 따라서 모바일 기기의 사용자가 뷰를 변화시켜도 계산량의 증가 없이 SMD 파일에서 해당 시점의 데이터를 읽어오기만 하면 되고, 또한 1 패스 렌더링을 통해서 성능 저하 없이 부드럽게 담채화 웨이딩을 보여줄 수 있다. 이는 정점에서의 매핑 좌표 계산 부하를 줄여 모바일 기기의 계산량을 줄이는데 큰 도움이 된다. 물론 이 방법은 각도별로 전처리한 자료만을 불러올 수 있기 때문에 제한된 뷰를 제공한다는 단점을 가지고 있다. 하지만 모바일 기기 특성상 일반적인 콘텐츠에 전방향성이 반드시 사용되지는 않으며 2차원으로 제공되는 콘텐츠들의 방향성 보다 더 많은 각도를 적은 용량의 파일로 제공할 수 있다.

4.2 렌더링 프레임률 분석

본 논문에서 제안하는 모바일 기기를 위한 수목 담채 렌더링 시스템의 프레임 안정성과 렌더링 효율을 알아보기 위하여 OPEN GL ES 에뮬레이터 환경과 실제 안드로이드 2.2 운영체제를 사용하는 스마트 폰에서 렌더링 테스트를 해 보았다. 실험 결과 본 논문에서 제안한 기법은 데스크 탑 상의 에뮬레이터에서 실행했을 경우 전체적으로 프레임률에서 에뮬레이터 플랫폼 부하에 따른 불이익을 받았음에도 불구하고 다양한 모델에서 (면수 420~3240개) 80 fps 이상의 높은 평균 프레임률을 보였다. 또한 동일 모델(면 개수 2564, 정점 개수 1284)을 대상으로 이뤄진 데스크 탑 환경에서의 프레임 테스트에서 기존 비실사적 렌더링 기법의 결과[11]보다 평균 20 프레임 이상의 속도를 보였고 유사한 데이터량의 기존 수목 담채 렌더링 결과(대상 모델 면 개수 1680, 정점개수 2793)[12]와 비교했을 때 13 프레임 정도의 차이를 보였다. 또한 뷰의 변화에 따른 프레임 변화를 측정해 본 결과 급격한 프레임률의 저하 없이 고른 프레임률을 보여주었다. 안드로이드 2.2 운영체제를 사용하는 실제 모바일 기기에 적용하여 프레임률을 측정할 결

과 제안하는 기법이 적용된 다양한 3차원 모델들(면수 420~3240개) 모두 평균 60 fps를 유지하여 사용자에게 원활한 렌더링 결과물을 보여줄 수 있었다.

4.3 사용자 평가

개발된 시스템의 효율성을 검증하기 위해 모바일 기기 이용자를 대상으로 사용자 평가를 실시하였다. 평가에서는 모바일 기기에서의 수목 담채화 렌더링 결과에 대한 성능과 만족도를 측정하기 위해 일반적 3차원 모델 렌더링과 제안하는 기법을 비교 평가하였다. 본 실험에는 15명의 실험자(모바일 기기 사용 경험군 15인)가 참여하였으며, 안드로이드 OS를 기반으로 하는 실제 스마트 폰에서 실험하였다. 평가는 첫 번째로 렌더링 프로세스의 속도와 자연스러움, 두 번째로 렌더링 결과에 대한 만족도를 5점 척도로 측정하는 방법으로 이루어졌다. 사용자 평가 결과를 분석해 보면 렌더링 프로세스의 속도 및 자연스러움에서 제안 기법을 적용한 3D 모델은 3.66으로 일반적인 웨이딩을 적용한 콘텐츠(3.73)와 유사한 점수를 받았으며, 콘텐츠 결과물에 대한 만족도 측정에서는 일반적 웨이딩 기법(3.46)보다 높은 점수(4.13)를 받았다($p < 0.05$).

표 1. 사용자 평가 항목 및 평가 결과

구분	만족도 척도	결과	
		일반 3차원 렌더링	제안 시스템
렌더링 속도 및 성능의 자연스러움	부정→긍정 (1) (5)	3.73	3.66
렌더링 결과에 대한 만족도		3.46	4.13

이 결과는 본 논문에서 제안하는 프로세싱 기법에 포함된 변형된 수목 실루엣 에지 렌더링과 담채 웨이딩의 전처리가 일반적 웨이딩보다 시각적으로 높은 효과를 가지면서 성능 상 비슷한 효율을 보인다는 것을 말해 주고 있다.

V. 결론 및 향후 연구 방향

모바일 기기의 보급이 확산되면서 다양한 모바일 콘

텐츠에 대한 사용자의 수요가 증가하고 있다. 질적으로 향상된 모바일 콘텐츠를 제작하기 위해서는 기존의 그래픽스 기법뿐만 아니라 다양한 비실사적 기법의 적용이 필요하다. 그러나 모바일 하드웨어는 데스크 탑 환경보다 성능 상의 제약을 가지고 있기 때문에 기존에 개발된 기법을 적용하기 위해서는 렌더링 프로세스의 변화가 필요하다. 본 논문에서는 모바일 기기의 하드웨어적 성능을 고려한 수목 실루엣 예지 렌더링 기법과 담채 셰이딩을 전처리하는 렌더링 기법을 제시하고 이 두 기법의 결합을 통해서 모바일 기기에서 수목 담채 기법이 적용된 3차원 콘텐츠를 실시간으로 원활하게 렌더링 하는 시스템을 제안하였다.

본 논문에서 제안하는 모바일 수목 담채 시스템은 3가지 모듈로 구성된다. 첫 번째 모듈은 전처리 파일 생성을 위한 파일 전처리 도구이다. 콘텐츠 제작자는 전처리 도구를 사용하여 3차원 모델에 적용될 효과를 설정한 후 SMD 전처리 파일을 생성한다. 두 번째 모듈은 모바일 기기에서 SMD 파일을 불러와 그 안에 포함된 3차원 모델의 실루엣 데이터를 이용하여 예지 렌더링을 하는 모듈이다. 마지막으로 모바일 기기 속의 담채 렌더링 모듈은 SMD 파일에 포함되어 있는 전처리된 셰이딩 정보를 이용하여 담채 셰이딩을 구현하게 된다.

본 논문은 렌더링 프로세스의 변화를 통해서 모바일 기기의 하드웨어 자원을 효율적으로 사용하고, 모바일 기기에서 비실사적 렌더링 기법 중 하나인 수목 담채 렌더링 기법을 구현함으로써 모바일 콘텐츠에 다양한 효과를 주는 것을 목표로 하였으며, 모바일 기기 사용자들을 대상으로 한 사용자 평가에서 성능과 만족도 양면에서 만족할만한 결과를 얻을 수 있었다.

향후 연구로는 수목 실루엣 예지 렌더링에 먹의 번짐, 물의 번짐과 같은 예술적 효과를 추가하여 시각적 효과의 강화가 필요하며, 수목 담채 기법 외의 다양한 동양화 기법을 적용하기 위한 렌더링 프로세스의 개선이 이루어져야 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] <http://www.w3.org/2001/di/>

[2] <http://www.opengles.org>
 [3] B. Gooch and A. Gooch, *Non-Photorealistic Rendering*, A K Peters, Ltd., 2001.
 [4] T. Strothotte and S. Schlechtweg, *Non-photorealistic Computer Graphics: Modeling, Rendering, and Animation*, Morgan Kaufmann Publishers Inc., 2002.
 [5] A. Appel, "The Notion of Quantitative Invisibility and the Machine Rendering of Solids," In Proceedings of ACM National Conference, pp.387-393, 1967.
 [6] G. Elber and E. Cohen, "Hidden Curve Removal for Free Form Surfaces," In Proceedings of SIGGRAPH '90, pp.95-104, 1990.
 [7] L. Markosian, M. A. Kowalski, S. J. Trychin, L. D. Bourdev, D. Goldstein, and J. F. Hughes, "Real-Time Nonphotorealistic Rendering," In Proceedings of SIGGRAPH '97, pp.415-220, 1997.
 [8] R. Raskar and M. Cohen, "Image Precision Silhouette Edges," In Proceedings of the symposium on Interactive 3D Graphics, pp.135-140, 1999.
 [9] T. Goodwin, I. Vollick, and A. Hertzmann, "Isophote Distance: A Shading Approach to Artistic Stroke Thickness," In Proceedings of NPAR '07, pp.53-62, 2007.
 [10] D. DeCarlo and S. Rusinkiewicz, "Highlight Lines for Conveying Shape," In Proceedings of NPAR '07, pp.63-70, 2007.
 [11] A. Lake and C. Marshall, "Stylized Rendering Techniques for Scalable Real-time 3D Animation," In Proceedings of NPAR '00, pp.13-20, 2000.
 [12] 오수정, 남양희, "Kubelka-Munk모형을 응용한 실시간 3차원 수목담채화 렌더링", 한국컴퓨터그래픽스학회 '05, 2005.

저 자 소 개

장 현 호(Hyunho Jang)

정회원



- 2004년 2월 : 세종대학교 컴퓨터 공학과(공학사)
- 2007년 2월 : 연세대학교 컴퓨터 과학과(공학석사)
- 2007년 3월 ~ 현재 : 연세대학교 컴퓨터과학과 박사과정

<관심분야> : 비사실적 렌더링, 스케치 기반 인터페이스, 3D 애니메이션

전 재 응(Jaewoong Jeon)

정회원



- 2003년 2월 : 연세대학교 정보공학과(공학사)
- 2006년 2월 : 연세대학교 컴퓨터 과학과(공학석사)
- 2010년 8월 : 연세대학교 컴퓨터 과학과(공학박사)

▪ 2010년 9월 ~ 현재 : 연세대학교 소프트웨어응용연구소 연구원

<관심분야> : 비사실적 렌더링, 스케치 기반 인터페이스, 3D 애니메이션

최 윤 철(Yoon-Chul Choy)

정회원



- 1973년 2월 : 서울대학교 공학과(공학사)
- 1975년 2월 : Univ. of Pittsburgh 석사
- 1976년 2월 : Univ. of California, Berkeley 석사

▪ 1979년 2월 : Univ. of California, Berkeley 박사

▪ 1984년 3월 ~ 현재 : 연세대학교 컴퓨터과학과 교수

<관심분야> : 컴퓨터 그래픽스, 스케치 기반 인터페이스, 3D 애니메이션, 멀티미디어 문서처리