

다중 감각 인터랙션을 이용한 감성적 3차원 얼굴 메이크업 시뮬레이션*

An Affective 3D Facial Makeup Simulation Using a Multi-sensory Interaction

김정식, Jeongsik Kim, 김현중, Hyeonjoong Kim, 최수미, Soomi Choi
세종대학교 전자정보공학
대학 컴퓨터공학부

요약 얼굴에 대한 시각적 인지는 오랫동안 인간에게 중요한 문제로 인식되어 왔다. 수 세기 동안 이루어져 왔던 미용 화장과 성형, 치아 교정 등의 다양한 연구는 사람의 얼굴을 감성적 측면에서 어떻게 하면 아름답게 만들 수 있는가에 초점을 두었다. 본 논문에서는 휴먼 입출력 인터페이스로서 햅틱 장치와 스테레오 디스플레이를 혼합한 다중 감각 인터랙션 기반의 감성적인 3차원 얼굴 메이크업 시뮬레이션 프레임워크를 개발한다. 본 연구는 3차원 스캐너 장비로부터 사용자의 얼굴 모델을 추출하고, 그 데이터를 이용하여 자연스럽게 직관적인 얼굴 메이크업 시뮬레이션을 수행하는 것을 목표로 하고 있다. 이를 위하여 본 연구에서는 *surface elements* 표현 기반의 3차원 얼굴 필터링 방법과 얼굴 메이크업을 지원하는 페인팅 방법을 개발한다. 우선 사용자의 얼굴 모델을 3차원 스캐너로 획득한 후, 전처리 얼굴 필터링을 수행하여 조명, 그리고 사용자 얼굴 피부 상태에 기인하는 에러 및 속성들을 보정하고 피부 톤을 사용자가 선호하는 색으로 변경한다. 최종적으로 사용자는 햅틱 및 스테레오 디스플레이 장치를 이용하여 두 개의 레이어로 구성된 페인팅 표면 모델에 메이크업을 수행한다. 본 연구에서 적용한 *surface elements* 표현 기반의 그래픽 렌더링은 일반적인 메쉬 기반 페인팅의 문제점인 텍스처 왜곡 현상을 완화하고, 3차원 스캐너 장치에 기인하는 표면 에러를 보정한다. 그리고 전처리 얼굴 필터링과 메이크업 페인팅 방법은 사용자 중심의 감성적인 3차원 얼굴을 재구성하도록 한다. 결과적으로 본 연구에서 개발한 이러한 기술들이 다중 감각 인터페이스 기반의 메이크업 시뮬레이터의 기본 프레임워크가 되어, 차후 메이크업이나 코디네이션 분야 등의 디지털 콘텐츠 산업에서 활용될 수 있음을 확인하였다.

핵심어: 메이크업 시뮬레이션, 감성적 얼굴, 햅틱, 스테레오 디스플레이, 다중 감각 인터랙션

1. 서론

얼굴에 대한 시각적 인지는 색상, 텍스처, 크기, 그리고 형태 등의 크게 네 가지 특성으로 표현된다. 보편적으로 현재의 문화권에 속하는 대부분의 사람들은 갈색의 피부 색조와 잡티 없는 부드러운 형태의 얼굴을 선호해 왔다. 수 세기 동안, 메이크업 산업 분야에서는 사람들이 좀 더 아름다운 얼굴을 갖도록 하기 위하여 재료 및 방법 측면에서의 다양한 연구를 해 왔다. 특히 이러한 연구들은 사람 얼굴의 감성적 측면에 그 초점을 두고 있다. 그리고 최근에는 컴퓨터 그

래픽스와 멀티미디어 분야에서의 연구자들이 미용 화장과 성형, 그리고 치아 교정 등과 관련된 다양한 어플리케이션들을 개발하고 있다[1-3]. 이러한 프로그램들은 주로 2차원의 입력, 출력 장치를 이용하여 2차원 영상으로 구성된 얼굴의 텍스처를 변경하는 데 중점을 두었다. 이와는 달리 본 연구에서는 햅틱과 3차원 스테레오 디스플레이 장치를 3차원 얼굴 모델에 적용하여 현실감 있는 메이크업 시뮬레이션을 통하여 감성적 얼굴 모델을 만드는 방법을 개발한다.

기존의 컴퓨터를 이용한 메이크업 시뮬레이터는 2차원 영상 기반의 연구가 대부분이다. "VirtualMakeOver", "MAGGI", "MakeUp Pilot" 등의 프로그램은 얼굴 형상, 색, 브러쉬 종류 및 크기 등의 설정을 사용자의 2차원 마우스

* 본 연구는 서울시 산학연 클러스터 사업의 지원을 받았음

입력으로 가정하고 메이크업을 시뮬레이션 한다. 간단한 조작 방법과 함께 다양한 메이크업 기술을 적용할 수 있고 로컬 혹은 인터넷 상에서 인터랙티브한 메이크업이 가능하지만, 실제 메이크업에 비해 그 질과 현실감이 많이 부족하다. 이와는 달리 VirtualFashion사의 "VF Pro"는 3차원 템플릿 얼굴 모델을 사용하여 아이라인, 아이셰도우, 립스틱, 립라이너, 파운데이션 등의 메이크업 기술을 시뮬레이션 할 수 있다. 이 기술은 고해상도의 메쉬 모델과 텍스처를 사용하여 시각적인 현실감을 제공하지만, 2차원 마우스 입력장치를 사용하고 구형 브러쉬 모델을 채택하고 있으며, 단순히 덧칠 형식의 페인팅만 가능하다는 한계점을 가지고 있다[4-7].

최근 햅틱 장치에 대한 연구가 활발하게 이루어지면서 점차 햅틱 인터랙션 기반의 3차원 페인팅에 대한 연구 또한 증가하고 있다. 이는 촉각 기술과 시각적 기술을 혼합한 인터랙션 환경을 지원하고 붓, 팔레트, 캔버스와 같은 페인팅 도구에 물리적 특성을 부여하여 실제 그림을 그리는 현실감을 사용자에게 제공한다. 이러한 프레임워크는 자연스럽게 인터랙티브한 인터랙션 환경을 제공하여 손에 의한 작업이 필요한 메이크업, 조각, 헤어 스타일링과 같은 응용 분야에 활용될 수 있다[8].

2차원 영상처리 기술은 패턴 인식, 컴퓨터 그래픽스, 의료 가시화 등의 다양한 분야에서 적용되고 있다. 2차원 영상의 품질은 모달리티와 주위 환경에 의존하여 결정되기 때문에 2차원 필터링 기술을 적용하여, 주위의 환경 간섭이나 영상 장비로부터 기인하는 영상 질의 저하를 개선하고 에러로부터 영상을 복구할 수 있다. 이러한 기술은 3차원 point-based 그래픽 렌더링 기술과 결합되어 3차원 영상 필터링 및 페인팅에 응용될 수 있다.

본 연구는 3차원 스캐너 장비로부터 사용자의 얼굴 모델을 생성하고, 그 데이터를 이용하여 자연스럽게 직관적인 얼굴 메이크업 시뮬레이션을 수행하는 것을 목표로 하고 있다. 이를 위하여 *surface elements* 표현 기반의 3차원 얼굴 필터링 방법과 메이크업에 적합한 페인팅 방법을 개발한다. 우선 사용자의 얼굴 모델을 3차원 스캐너로 획득한 후, 전처리 얼굴 필터링을 수행하여 조명, 그리고 사용자 얼굴 피부 상태에 기인하는 에러 및 속성들을 보정하고 피부 톤을 사용자가 선호하는 색으로 변경한다. 최종적으로 사용자는 햅틱 및 스테레오 디스플레이 장치를 이용하여 두 개의 레이어로 구성된 페인팅 모델에 메이크업을 시뮬레이션 한다. 본 연구는 다중 감각 기반의 3차원 메이크업 시뮬레이션 프레임워크 어플리케이션을 개발하여 현실감 있고 자연스러운 사용자 인터랙션을 지원하고, 사용자 중심의 얼굴 모델과 실제적 메이크업 특성을 반영하여 기존 연구들의 한계점을 개선하고자 한다. 또한 *surface elements* 표현 기반의 그래픽 렌더링은 일반적인 메쉬 기반 페인팅의 문제점인 텍스처 왜곡

현상을 완화하고 3차원 스캐너 장치에 기인하는 표면 에러를 보정한다. 그리고 전처리 얼굴 필터링과 메이크업 페인팅 방법은 사용자 중심의 감성적으로 표현된 3차원 얼굴을 재구성하도록 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 사용자 관점에서의 3차원 메이크업 시뮬레이션의 전체 내용을 설명한다. 3장에서는 기술적 측면에서의 방법들을 설명한다. 그리고 4장에서는 제안한 방법에 대한 실험 결과를 보여준다. 마지막으로 5장에서는 결론 및 향후 연구를 제시한다.

2. 감성적 3차원 얼굴 메이크업 시뮬레이션

본 장에서는 최종 사용자의 관점에서 살펴 본, 3차원 얼굴 메이크업 시뮬레이션의 구성에 대하여 설명한다. 또한 이를 통하여 본 연구에서 채택한 접근 방법의 장점들을 살펴본다.

기본적으로 본 연구에서 개발한 감성 기반 메이크업 시뮬레이션 프레임워크는 직관적인 3차원 얼굴 데이터와 인터페이스를 사용자에게 제공하여, 자동화된 3차원 전처리 얼굴 필터링 작업과 메이크업 페인팅 작업으로 구분된다. 그림 1은 전체 프레임워크 구조를 보여 준다.

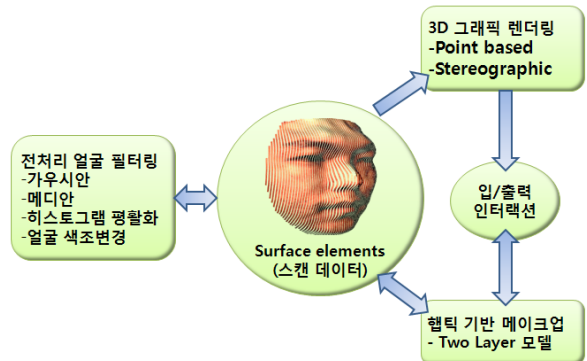


그림 1. 3차원 얼굴 메이크업 시뮬레이션의 전체 구조

우선 사용자는 3차원 스캐너 장치를 이용하여 자신의 얼굴로부터 3차원 얼굴 모델을 획득한다. 본 연구에서는 얼굴과 머리 스캐닝에 적합한 Cyberware사의 "3030 3D scan head" 모델을 사용하였다. 이 모델은 안전하고, low intensity 레이저와 함께 고품질 비디오 센서를 이용하여 두 개의 시점으로부터 얼굴 및 머리에 대한 기하 정보와 텍스처 정보를 추출한다. 사용자는 이렇게 획득된 데이터를 3차원 얼굴 시뮬레이션 프레임워크의 기본 데이터로 이용한다. 그리고 햅틱 장치를 기본 입력 장치로 사용하여 메이크업 시뮬레이션을 수행하고 3차원 스테레오 디스플레이 장치를

통하여 그 결과를 보게 된다. 이때 햅틱 장치와 스테레오 디스플레이 장치의 혼합은 2차원 영상 기반의 메이크업 시뮬레이션과는 달리 사용자에게 메이크업의 실제적 감각을 제공한다.

사용자는 메이크업 페인팅을 수행하기 이전에 전처리 과정으로 얼굴 데이터 스캔할 때 조명에 의해 발생하는 얼굴 텍스처의 잡음과 대비, 그리고 밝기 속성을 보정하고, 또한 얼굴 피부 톤을 변경하거나 얼굴 피부의 기본 색조를 변경할 수 있다. 본 연구에서는 밝은 느낌에서부터 어두운 느낌까지 총 여덟 개의 템플릿 색조를 제공한다. 이 기능은 사용자에게 얼굴의 전체적인 느낌을 변화하는 데 도움을 준다.

전처리 작업 후의 메이크업 시뮬레이션은 그 효과를 극대화하기 위하여, 여덟 개의 조명 위치와 속성 값을 적절하게 설정하는 것으로부터 시작한다. 조명 설정 후에, 사용자는 햅틱 장치의 스타일러스 펜으로 메이크업 도구를 컨트롤 하고, 오토 스테레오 3차원 디스플레이 장치를 보면서 메이크업을 수행한다. 본 연구에서는 볼 터치용 기본 색조 화장을 위한 메이크업 도구를 제공한다. 사용자는 햅틱 컨트롤을 통해 화장 스펀지를 얼굴 표면에 접촉하게 되고, 이 때 얼굴 표면에 가해지는 힘과 충돌 영역, 그리고 습도 속성에 따른 화장 불투명도에 따라 메이크업의 적용 정도를 결정할 수 있다. 그리고 처리된 메이크업을 지우는 작업 또한 가능하다. 최종적으로 완성된 메이크업 결과는 자체 포맷 형태로 저장되고, 다시 불러와 활용될 수 있다.

3. 접근 방법

본 장에서는 메이크업 시뮬레이션 프레임워크의 상세 구현 방법에 대하여 설명한다. 특히 *surface elements* 표현이 전처리 얼굴 필터링 방법 및 햅틱 기반의 메이크업 페인팅 모델에 어떻게 활용 되었는가에 그 비중을 두어 설명한다. 본 시뮬레이션 프레임워크는 *OpenGL* 그래픽 라이브러리와 *OpenHaptics* 햅틱 라이브러리를 기반으로 개발되었다.

3.1 *Surface elements* 표현

삼각 메쉬는 컴퓨터 그래픽스 연구 분야에서 모델의 표면을 표현하는 가장 보편적인 방법이다. 하지만 모델의 해상도가 증가하면 할수록 복잡한 장면과 물리적 시뮬레이션이 요구되는 환경에서는 때로 제한적인 성능을 보이는 경우가 있다. *Surface elements*는 *ray casting* 기술을 이용하여 텍스처 정보를 포함한 모델을 샘플링하거나 3차원 스캐너 장치를 이용하여 획득 가능하다. *ray casting*을 이용한 방법에서는 각각의 광선과 모델 표면과 충돌되는 지점을 *surface element* 대상으로 삼아서 위치, 색, 법선 벡터, 반지름과 같은 웨이딩 속성들을 저장한다. *Surface element*는 폴리곤

없이 모델의 표면을 채울 수 있고 국부적으로 다해상도 표현의 구축이 가능하기 때문에 역동적으로 변화하는 그래픽 장면이나 복잡한 계산이 소요되는 시뮬레이션 결과를 생성하는 데 적합하게 사용되고 있다. 그리고 이 표현은 메쉬 데이터와는 달리 기하 요소 간 연결 관계가 배제되기 때문에 3차원 영상 필터링이나 3차원 페인팅 등의 이산화 기법에 잘 적용될 수 있다. 이러한 특성은 텍스처 맵핑에 의해 야기되는 이미지 왜곡 현상을 완화하고 국부적으로 다른 해상도를 갖는 텍스처 정보를 재구성할 수 있다[9].

3.2 *Surface element* 기반 그래픽 렌더링

본 연구에서 개발한 그래픽 렌더러는 크게 두 가지 기술로 구성된다. 첫 번째는 *surface element* 기반의 *EWA splatting* 렌더링 기술이고, 두 번째는 오토 스테레오(auto stereoscopic) 3차원 렌더링 기술이다.

본 연구에서 채택한 렌더러는 *surface element*를 기본 그래픽 요소로 사용하여 각 점의 위치에서 모델 표면을 디스크 형태로 렌더링하는 방법이다. 본 연구에서는 그래픽 렌더링 시에 이웃하는 디스크간의 교차가 발생하는 데, 이러한 현상을 완화하여 부드러운 모델 표면을 보장하기 위하여 *EWA splatting* 방법을 적용한다[10]. 이 방법은 최종 렌더링 대상이 되는 디스크 그래픽 요소들을 2차원 버퍼에 투영시킨 후, 가우시안 필터를 이용하여 디스크 혼합할 때 발생하는 교차에 의한 앨리어싱(*aliasing*)을 제거한다. 또한 *EWA* 방법은 기존 3차원 페인팅 시스템에서 발생하는 텍스처 왜곡 현상을 완화하는 장점을 갖는다. 그림 2는 *EWA* 방법을 이용한 *surface elements* 기반의 렌더링 절차를 보여 준다. 왼쪽의 그림은 3차원 오브젝트 공간상의 *surface element* 인 P의 주변에 인접한 디스크들을 *warping*을 이용하여 2차원 공간상으로 투영하는 과정을 보여 주고, 오른쪽의 그림은 가우시안 커널을 이용한 로우 패스 필터링과 *warping*을 처리하여 3차원 오브젝트를 2차원 공간에 투영하는 과정을 보여 준다.

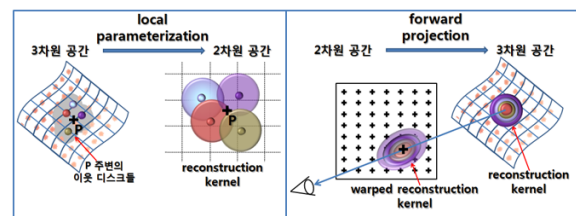


그림 2. EWA를 이용한 *surface elements* 기반 그래픽 렌더링

본 연구에서 사용하는 오토 스테레오 기반 그래픽 렌더링은 특수 안경과 동기화 에미터(emitter)가 요구되는 액티브

스테레오화는 3차원 디스플레이 장치와 반사체 헤드 프레임 착용만으로 스테레오 효과를 제공하는 방법이다. 이 방법은 TFT LCD 장치에 장착된 프리즘 마스크 (column prisms)에 의해 실현된다. 소프트웨어상의 구현에서는 OpenGL의 스텐실 마스크 버퍼를 사용하여 왼쪽과 오른쪽 각각의 뷰에 투영되는 두 개의 영상을 동시에 렌더링 하여 단일 디스플레이에 출력한다. 짝수 번호의 프리즘 라인들은 왼쪽 눈에 굴절되고, 홀수 번호의 라인들은 오른쪽 눈에 굴절된다. 이러한 원리를 *DAD format* (vertically interlaced) 이라고 한다[11].

3.3 햅틱 기반 메이크업 페인팅 모델

본 연구에서는 햅틱 장치를 사용자의 메이크업 인터랙션을 위한 입력 장치로 채택한다. 사용자는 메이크업을 수행할 때, 스타일러스 펜을 쥐고 화장 스펀지 오브젝트를 얼굴 표면에 접촉하게 된다. 이때 메이크업 색상, 사용자가 전달하는 힘의 크기, 보습 속성, 그리고 스펀지 오브젝트의 크기에 따라서 메이크업 결과가 결정된다. 본 연구에서는 표면 복셀들로 구성되는 *pointshell* 스펀지 오브젝트를 *surface elements*로 구성되는 기본 레이어와 페인팅 레이어로 구성되는 얼굴 모델 표면에 접촉하면서 메이크업 시뮬레이션을 수행한다. *pointshell*은 *surface elements*와 마찬가지로 point 기반의 표현 방법으로 햅틱에 의한 충돌 검사 및 힘 계산에서의 추가적인 연산을 줄여 준다. 또한 이 방법은 메쉬 모델에 2차원 텍스처 정보를 맵핑할 때 발생하는 왜곡 현상과 성능 저하를 완화할 수 있다. 기본 레이어는 초기 얼굴의 색조 정보를 저장하고, 페인팅 레이어는 추가적인 색조 변경이나 메이크업 색조를 저장한다. 그림 3은 본 연구에서 채택한 페인팅 모델의 작동 방식을 설명한다. 햅틱 인터랙션에 의한 페인팅 레이어 색의 결정은 식 1에 의해 정의된다. C'_P 는 레이어 컬러이고, C 는 적용하고자 하는 색이고, W_M , W_G , W_F 는 각각 보습 정도를 나타내는 가중치와 스펀지 오브젝트의 중심으로부터 결정되는 가우시안 분포에 따른 가중치, 그리고 햅틱 스타일러스에 의해 가해지는 힘에 따른 가중치를 표현한다.

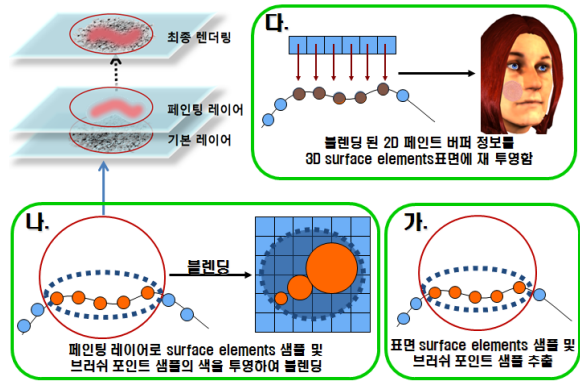


그림 3. two layer 모델과 햅틱을 이용한 메이크업 페인팅

$$C'_P = C * W_M * (W_G + W_F) \quad (1)$$

햅틱 렌더링은 가상의 메이크업 도구를 햅틱 스타일러스 펜의 힘 전달부에 연결하여 사용자가 메이크업 수행 시에 3차원 얼굴 모델을 접촉하고 조작하는 실제적 감각을 제공하기 위한 입/출력 인터페이스로 사용된다. 본 연구에서는 정점 기반 햅틱 렌더링을 사용하여 객체 간 충돌검사와 힘 계산을 처리한다. point-based 햅틱 렌더링 방식에서는 HIP (haptic interface point)에 해당하는 햅틱 장치의 스타일러스 펜의 end-effector의 위치가 encoder를 통하여 이산화 되고, 그 정보가 가상의 물체와의 충돌을 감지하고 힘을 계산하는 데 사용된다. 일단 충돌이 감지되면, IHIP (ideal haptic interface point)와 같은 접촉 지점이 결정되고 IHIP와 HIP 좌표간 거리차이로부터 계산된 penetration 깊이 벡터로부터 최종 힘을 구하여 햅틱 스타일러스에 반영한다. 힘 계산은 Sensable사의 OpenHaptics 라이브러리를 사용한다[12]. 이 라이브러리는 충돌검사와 햅틱 및 그래픽 렌더링 작업을 다중 쓰레드와 동기화 기법을 적용한다. 본 연구에서는 효율적인 그래픽 및 햅틱 렌더링을 보장하기 위하여, 내부적으로 그래픽 렌더링을 위해 고해상도의 *surface elements*로 구성된 모델을 사용하고 햅틱 렌더링을 위해 저해상도의 메쉬 모델을 사용한다. 또한 BSP 트리 자료구조에 햅틱 렌더링 대상이 되는 얼굴 모델 데이터를 재구성하여 넣어, 햅틱 스타일러스 펜에 연결된 가상 오브젝트의 범위에 포함되는 국부적 영역에 대해서만 햅틱 충돌 검사 및 힘 계산을 처리한다.

3.4 전처리 얼굴 필터링 및 색조 변경

얼굴의 전처리 필터링 및 색조 변경 기법은 실제적인 메이크업 시뮬레이션에 앞서 얼굴의 잡음 및 음영과 밝기, 그리고 얼굴 색조를 변경하여 사용자의 취향에 맞는 메이크업을 위한 최적의 조건을 만들어 준다.

전처리 얼굴 필터링 방법은 스캔 데이터의 기하학적 정보

는 유지하면서, 각 요소에 해당하는 텍스처 데이터에 세 가지 필터를 적용하여 얼굴 텍스처의 보정 작업을 수행한다. 이 방법은 우선 3.1절에서 설명한 EWA 렌더링에 의해 생성되는 렌더링 결과를 입력 데이터로 사용한다. 첫 번째 필터는 가우시안(로우 패스) 필터링을 적용하여 얼굴 텍스처의 잡음 제거와 텍스처 표면에 부드러움을 주는데 사용된다. 가우시안 필터링의 컨볼루션(convolution) 마스크는 7 x 7 과 15 x 15 두 가지를 이용한다. 두 번째 필터는 잡음을 제거하기 위한 것으로 본 연구에서는 메디안 필터를 사용한다. 그리고 세 번째 필터는 텍스처의 전역적 밝기와 대비를 보정하는 기능을 한다. 이를 처리하기 위하여 본 연구에서는 텍스처의 통계적 정보에 기반 하는 히스토그램 평활화 기법을 적용한다.

얼굴 색조 변경 기능은 3차원 얼굴을 표현하는 *surface elements* 전체에 대하여 적용된다. 사용자가 설정한 색조는 3.3절에 소개한 페인팅 모델의 페인팅 레이어를 구성하는 각각의 *surface element*에 반영되어 최종 얼굴 색조는 기본 레이어와 페인팅 레이어의 색이 식 2에 따라 결정된다. 식 2에서 C_F^i , C_B^i , C_P^i 각각은 최종 색조와 기본 레이어 색조, 그리고 페인팅 레이어 색조이다.

$$C_F^i = C_B^i + C_P^i \quad (1 \leq i \leq n) \quad (2)$$

4. 구현 및 실험

본 장에서는 실험 환경을 구축한 후 본 연구에서 개발한 방법들의 성능을 평가한 결과를 중심으로 제안한 방법의 특징과 장단점을 제시하고자 한다.

4.1 실험 환경

개발된 프레임워크의 실험 환경은 *cyberware 3030 3D* 스캐너, *Sensable PHANTOM* 햅틱 장치, 그리고 *SeeReal C-s* 오토 스테레오 디스플레이 장치로 구성된다. 그림 4는 실험 하드웨어 환경을 나타낸다.

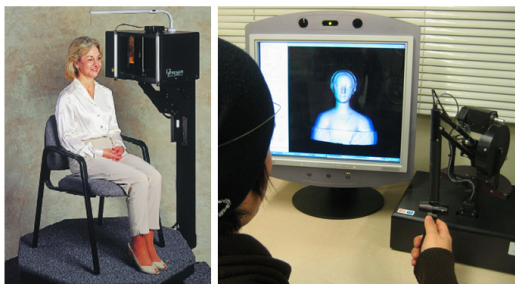


그림 4. 메이크업 시뮬레이션 하드웨어 환경: (왼쪽) cyberware 3D 스캐너; (오른쪽) 햅틱과 스테레오 디스플레이

4.2 실험 모델

전체 실험의 기본 데이터는 메쉬 모델이다. 이 데이터는 *surface elements* 표현으로 변환되어 전처리 얼굴 필터링 및 메이크업 시뮬레이션에 사용된다. 그림 5는 실험 모델을 메쉬 형태와 *surface elements* 표현으로 시각화한 결과이다. 그림 5의 상단은 3차원 모델링 툴을 이용하여 생성된 모델 결과이고 하단의 그림은 *cyberware* 3차원 스캐너를 이용하여 획득한 모델의 결과이다. 각 줄의 왼쪽 그림은 메쉬 모델이고, 오른쪽은 *surface elements* 표현이다. 그림을 통해 알 수 있듯이, *cyberware* 스캐너를 이용하여 획득한 데이터가 모델링 툴에 의한 모델에 비하여 상대적으로 정규화되고 균일한 그래픽 요소 분포를 갖는다. 이는 최종 그래픽 렌더링 품질 결정에 중요한 영향을 미친다.

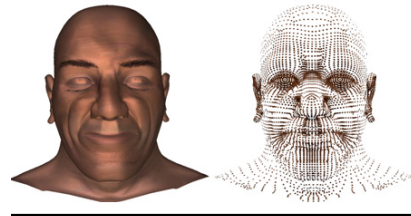


그림 5. 메이크업 시뮬레이션 실험 데이터

4.3 전처리 얼굴 필터링 및 얼굴 색조 변경

전처리 얼굴 필터링과 얼굴 색조 변경된 결과를 살펴보기 위하여 본 실험에서는 *Cyberware* 스캐너로부터 획득한 모델을 사용했다. 그림 6은 전처리 얼굴 필터링에 의해 변경된 결과를 보여준다. 그리고 그림 7은 여덟 개의 대표 색상과 얼굴 피부의 보습 정도를 달리하여 적용시켰을 때의 얼굴 색조 변경 결과를 보여준다.

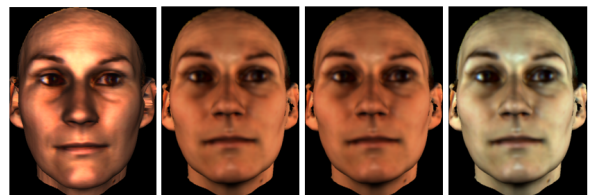


그림 6. 전처리 얼굴 필터링 결과: 왼쪽부터 기본 모델, 가우시안 필터링, 메디안 필터링, 히스토그램 평활화

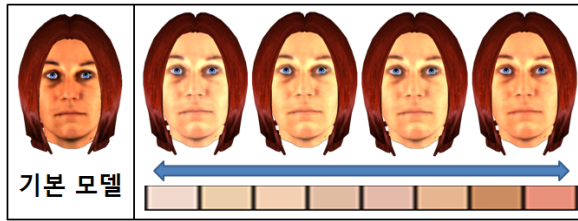


그림 7. 얼굴 색조 변경

4.4 다중 감각 기반 메이크업 페인팅 결과

본 실험에서는 메이크업 시뮬레이션을 수행하기에 앞서 사용자가 오토 스테레오 디스플레이 장치를 통하여 최적의 그래픽 렌더링 결과를 볼 수 있도록, 시뮬레이션을 위한 사용자의 위치와 스테레오 렌더링 설정을 보정한다. 이는 오토 스테레오 장치가 좌우 $\pm 20^\circ$ 정도의 범위 내에서 사용자가 자유롭게 이동하면서 3차원 장면을 볼 수 있게 하지만, 거리의 경우에는 최적의 설정을 유지해야 하기 때문이다. 그림 8은 햅틱 장치와 오토 스테레오 디스플레이 장치를 이용하여 얼굴 메이크업 페인팅을 수행하는 과정을 보여 준다. 왼쪽의 모델은 스캔된 기본 모델이고, 중간 그림은 사용자가 주어진 환경에서 메이크업을 수행하는 모습을 나타낸다. 오른쪽의 그림은 사용자에게 붉은색 계통의 색조를 얼굴 절반 부위에 메이크업한 결과를 보여준다.

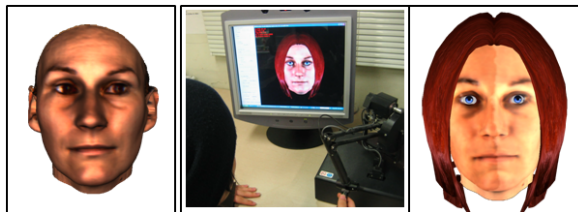


그림 8. 얼굴 메이크업 페인팅 과정: (왼쪽) 기본 모델; (중간) 햅틱 및 스테레오 렌더링 기반 메이크업; (오른쪽) 붉은색으로 얼굴 절반만 메이크업 한 결과

5. 결론 및 향후 연구

본 연구의 목적은 현실감 있는 감성적 메이크업 시뮬레이션 프레임워크를 제공하는 것이다. 이를 달성하기 위해 *surface elements* 기반의 그래픽 렌더링 방법과 two layer로 구성된 메이크업 페인팅 모델을 메이크업 시뮬레이션에 적용하였다. 그리고 시뮬레이션에 현실감을 부여하기 위하여 햅틱 장치와 오토 스테레오 디스플레이 장치를 작업 환경으로 구성하였다. 특히 메이크업 절차에 앞서 사용자가 전처리 과정에서 얼굴 필터링 및 피부 색조 변경할 수 있도록 하여 사용자 중심의 감성적 3차원 얼굴을 재구성할 수 있는 기본 프레임워크를 제공하였다.

현재 연구는 감성적 3차원 얼굴 메이크업을 위한 기본 프레임워크 개발에 전처리 필터링을 이용한 얼굴 텍스처

개선 및 얼굴 피부의 색조를 변경하는 기초 메이크업 기능에만 집중하였다. 차후에는 그 외의 다양한 메이크업 기능을 추가할 것이다. 그리고 point-based 햅틱 렌더링 기법을 multi point-based 방법으로 개선하고, 사용자가 촉감 인터랙션을 실제처럼 느끼도록 하기 위하여 변형 모델 기반의 메이크업 도구를 연구에 적용할 예정이다.

차후의 연구 완성 단계에서는 본 연구에서 개발한 메이크업 시뮬레이션 프레임워크를 기반 어플리케이션으로 삼고 지속적 발전을 시켜 디지털 아트, 디지털 코스메틱, 그리고 코디네이트 분야 등의 디지털 콘텐츠 산업에 활용을 모색할 것이다.

참고문헌

- [1] J. Schmidhuber, "Facial Beauty and Fractal Geometry," Technical report, IDSIA-28-98, IDSIA, 1998.
- [2] Y. Eisenthal, G. Dror, and E. Ruppin, "Facial attractiveness: Beauty and the machine," *Neural Computation*, Vol.18, No. 1, pp. 119-142, 2006.
- [3] T. Leyvand, D. Cohehn-Or, G. Dror, and D. Lischinski, "Digital Face Beautification," *ACM SIGGRAPH 2006*, Technical sketches, 2006.
- [4] "VirtualMakeover," Software available at <http://tools.women24.com/java/vm/applet/VirtualMakeover.html>
- [5] "MAGGI," Software available at <http://www.sollab.net/maggi>
- [6] "Makeup Pilot," Software available at <http://www.colorpilot.com/makeup.html>
- [7] "VF Pro," Software available at <http://virtual-fashion.com/>
- [8] B. Baxter, V. Scheib, M. Lin, and D. Manocha, DAB: Interactive Haptic Painting with 3D Virtual Brushes, *Proc. of ACM SIGGRAPH*, pp. 461-468, 2001.
- [9] H. Pfister, M. Zwicker, J.V. Baar, M. Gross, Surfels: Surface Elements as Rendering Primitives," *ACM SIGGRAPH*, pp. 335-342, 2000.
- [10] L. Ren, H. Pfister and M. Zwicker, "Object Space EWA Surface Splatting: A Hardware Accelerated Approach to High Quality Point Rendering," *EUROGRAPHICS 2002*, Computer Graphics Forum, Vol. 21, No. 3, pp. 461-470, 2002.
- [11] N.A. Dodgson, "Autostereoscopic 3D Displays," *IEEE Computer*, Vol. 38, No. 8, pp. 31-36, 2005.
- [12] B. Itkowitz, J. Handley and W. Zhu, "The OpenHaptics Toolkit: A Library for Adding 3D Touch Navigation and Haptics to Graphics Applications,"

Proc. of 1st Joint Eurohaptics Conference and
Symposium on Haptic Interfaces for Virtual
Environment and Teleoperator Systems, 2005.