

---

## 3차원 메이크업 시뮬레이션을 위한 자동화된 마스크 생성

### Automatic Mask Generation for 3D Makeup Simulation

김현중, Hyeonjoong Kim\*, 김정식, Jeongsik Kim\*\*, 최수미, Soomi Choi\*\*\*

---

**요약** 본 논문에서는 햅틱 인터랙션 기반의 3차원 가상 얼굴 메이크업 시뮬레이션에서 메이크업 대상에 대한 정교한 페인팅을 적용하기 위한 자동화된 마스크 생성 방법을 개발한다. 본 연구에서는 메이크업 시뮬레이션 이전의 전처리 과정에서 마스크를 생성한다. 우선, 3차원 스캐너 장치로부터 사용자의 얼굴 텍스처 이미지와 3차원 기하 표면 모델을 획득한다. 획득된 얼굴 텍스처 이미지로부터 AdaBoost 알고리즘, Canny 경계선 검출 방법과 색 모델 변환 방법 등의 영상처리 알고리즘들을 적용하여 마스크 대상이 되는 주요 특징 영역(눈, 입술)들을 결정하고, 얼굴 이미지로부터 2차원 마스크 영역을 결정한다. 이렇게 생성된 마스크 영역 이미지는 3차원 표면 기하 모델에 투영되어 최종적인 3차원 특징 영역의 마스크를 레이블링하는데 사용된다. 이러한 전처리 과정을 통하여 결정된 마스크는 햅틱 장치와 스테레오 디스플레이기반의 가상 인터페이스를 통해서 자연스러운 메이크업 시뮬레이션을 수행하는데 사용된다. 본 연구에서 개발한 방법은 사용자에게 전처리 과정에서의 어떠한 개입 없이 자동적으로 메이크업 대상이 되는 마스크 영역을 결정하여 정교하고 손쉬운 메이크업 페인팅 인터페이스를 제공한다.

**핵심어:** *Makeup simulation, AdaBoost feature detection, Point-based rendering, Multi-sensory interface*

---

본 논문은 서울시 산학연 클러스터 지원에 의하여 연구되었음.

\*주저자 : 세종대학교 컴퓨터공학과 석사과정

\*\*공동저자 : 세종대학교 컴퓨터공학과 박사과정

\*\*\*교신저자 : 세종대학교 컴퓨터공학과 교수; e-mail: smchoi@sejong.ac.kr

## 1. 서론

최근 컴퓨터 기술의 지속적인 발전으로 대량의 멀티미디어 데이터들을 다양한 연구들에 이용하는 것이 가능하게 되었다. 이와 더불어서 디지털 콘텐츠와 관련된 다양한 연구들 역시 활발하게 이루어지고 있다. 또한 인공 지능과 그래픽 관련 기술이 향상됨에 따라서 디지털 콘텐츠에 대한 입체적이고 현실감 있는 표현이 가능해졌으며, 사용자의 역할을 대신하는 아바타 표현 기술은 가상공간에서 사용자의 자기표현 욕구를 충족시키고 있다. 이러한 아바타 콘텐츠들은 사용자가 단순히 서비스 공급자로부터 제공 받는 기능들을 이용하게 하는 것에 그치지 않고, 사용자 자신이 직접 취향을 반영할 수 있도록 꾸미고 입힐 수 있는 다양한 서비스를 제공하고 있다. 대표적인 예로, 3차원 인체형상 아바타를 대상으로 하여 얼굴 메이크업을 시뮬레이션 하는 서비스는 사용자가 실제로 자신의 얼굴에 메이크업을 수행하는 것과 유사한 체험을 사용자에게 제공한다.

지금까지의 디지털 메이크업 시뮬레이션에 관한 연구는 크게 두 가지로 분류할 수 있다. 첫째는 2차원 이미지 기반 메이크업 시뮬레이션에 관한 연구로서, 대표적으로 Reallusion 사에서 출시한 "FaceFilter Studio" 소프트웨어를 들 수 있다[1]. 이 소프트웨어는 사용자의 마우스 입력을 통해서 얼굴 형상, 색, 브러쉬 종류 및 크기 등의 설정을 조작하여 손쉽게 얼굴 이미지를 보정하고 메이크업 효과를 줄 수 있다. 이는 간단한 조작 방법을 통하여 간단한 메이크업 효과들을 적용할 수 있지만 실제 메이크업과 비교할 때 단순한 인터랙션 방법과 단순한 형태의 메이크업 효과 표현으로 인하여 사용자에게 시뮬레이션에서의 실제적 감각을 제공하지 못한다는 한계를 보인다. 두 번째는 3차원 얼굴 모델 기반의 연구이다. 대표적인 시스템으로 VirtualFashion 사의 "VF Pro" 소프트웨어를 들 수 있다. 이 시스템은 3차원 템플릿 얼굴 모델을 사용하여 아이라인, 아이쉐도우, 립스틱, 립라이너, 파운데이션 등의 다양한 메이크업 기술을 시뮬레이션 할 수 있다[2]. 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.

본 연구에서 다루는 가상 메이크업 시뮬레이션 시스템은 3차원 스캐너 장치로부터 획득한 고해상도의 정점 표면 모델에 대하여 다양한 메이크업 효과를 제공한다. 또한 햅틱 장치와 스테레오 디스플레이 장치를 혼합한 다중 감각 인터페이스를 사용자에게 제공하여 현실감 있는 메이크업 시뮬레이션 수행을 가능하게 한다. 본 연구에서는 사용자가 햅틱 장치와 같은 가상 입력 장치를 이용하여 얼굴 모델에 여러 가지 효과를 표현하는 페인팅 과정을 통하여 메이크업을 수

행한다. 하지만 이러한 장치는 실제 메이크업에서 사용되는 도구와 차이가 있기 때문에 메이크업에 익숙한 사람이라도 현실과 동일한 조작을 기대 하기는 어렵다. 특히 대부분의 사람들에게 생소한 햅틱 장치 기반의 정교한 메이크업 시뮬레이션의 경우, 초보자들은 일정 기간 이상의 연습이 필요하다. 따라서 이러한 어려움을 해소하기 위해서는 초보자에게 직관적이고 자연스러운 메이크업 인터랙션 방법과 더불어 쉽고 정확한 메이크업 페인팅을 지원하기 위한 얼굴 영역에 대한 마스킹 기법의 사용이 필수적이다. 기존의 시스템들의 경우에는 눈과 입술과 같은 영역에 대하여 메이크업에 사용될 템플릿 모델에 마스크를 미리 정의해 놓거나, 사용자의 마우스 인터랙션에 의해 마스크 영역을 정의한다. 이러한 방법들은 시뮬레이션 이전에 사용자의 불편한 추가적인 조작을 요구로 한다.

본 연구에서는 메이크업 시뮬레이션의 페인팅 과정에서 요구되는 마스킹을 위해서 자동화된 마스크 생성 방법을 제안한다. 이를 위해서 우선 3차원 스캐너를 통해서 획득한 영상으로부터 AdaBoost 특징 검출 알고리즘과 2차원 영상처리 알고리즘들을 이용하여 얼굴과 얼굴 내의 주요 특징 영역(눈, 코, 입)을 검출하고, 각 특징 영역에 대한 마스크를 생성한다. 최종적으로 이렇게 결정된 2차원 마스크와 3차원 모델간의 위치 맵핑 관계 정보를 이용하여 메이크업 대상이 되는 3차원 모델의 눈과 입술에 대한 레이블을 정의한다.

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

## 2. 가상 메이크업 시뮬레이션 시스템

### 2.1 메이크업 시뮬레이션 프레임워크

그림 1은 본 연구에서 개발한 메이크업 시뮬레이션의 전체 프레임워크를 나타낸 것이다.

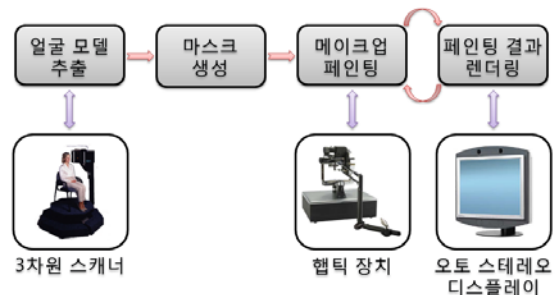


그림 1. 메이크업 시뮬레이션 프레임워크

3차원 메이크업 시뮬레이션은 크게 데이터 생성을 위한 전처리 과정과 시뮬레이션 수행 과정으로 나누어 처리된다.

전처리 과정은 메이크업 시뮬레이션을 위해 사용될 데이터를 준비하는 단계이다. 사용자는 우선 3차원 스캐너를 통해 자신의 얼굴에 대한 텍스처 영상 정보와 기하 모델 데이터를 생성한다. 이렇게 샘플링된 데이터는 메이크업 시뮬레이션에 사용하기 위하여 두 단계의 처리 과정을 거친다. 첫째, 포인트 기반 렌더링에 사용하기 위해서 텍스처 영상 정보와 기하 모델 데이터를 surfel 이라고 불리는 형태의 자료 구조로 변환한다[3-4]. 둘째, 본 연구에서 제안하는 자동화된 마스크 생성과정을 적용하여 메이크업 페인팅 과정에서 사용될 마스크를 생성한다. 이처럼 일련의 전처리 과정을 통해 추출된 얼굴모델 데이터와 마스크 정보는 이후에 메이크업 시뮬레이션 수행을 위해서 사용된다.

전처리 과정 후 사용자는 햅틱 장치와 스테레오 디스플레이 장치를 혼합한 다중 감각 인터페이스를 통하여 메이크업 시뮬레이션을 수행한다. 햅틱 장치를 사용한 페인팅 조작은 Sensable 사의 OpenHaptics 라이브러리를 이용하여 실시간으로 처리되고, 햅틱 피드백을 통해서 얼굴 형상이나 피부의 습도 등을 촉감으로 표현한다. 또한 시각적 정보는 OpenGL 라이브러리를 이용한 포인트 기반 렌더링을 통해 사실적으로 표현된다[5]. 그리고 이 결과 영상은 오토 스테레오 디스플레이를 통해 전달되기 때문에, 사용자는 입체적인 3차원 인터페이스를 통해서 좀 더 사실적인 메이크업 시뮬레이션을 수행할 수 있다[6].

## 2.2 얼굴 특징 영역 마스크 기반의 메이크업 페인팅

본 연구의 가상 메이크업은 크게 기초 화장과 색조 화장으로 구분된다. 사용자는 햅틱 장치를 조작해서 가상의 메이크업 팔레트 위에 놓인 메이크업 도구와 화장품을 선택하여 메이크업을 수행한다. 본 연구에서는 정교한 메이크업을 지원하기 위하여 페인팅 대상을 세 영역(얼굴 피부, 눈, 입술)으로 분류한다. 표 1은 본 시스템에서 제공하는 메이크업 기능들과 페인팅 대상이 되는 마스크 영역과의 관계를 정의한 것이다.

표 1. 메이크업의 종류와 얼굴 모델 영역간의 마스크 적용 관계

	피부	눈 (안구)	입술
기초화장	비적용	적용	적용
색조화장	비적용	적용	적용
입술화장 (립-글로즈)	적용	적용	비적용

## 3. 3차원 얼굴의 자동화된 마스크 생성

본 연구에서 제안하는 AdaBoost 알고리즘 기반의 자동화된 마스크 생성 방법은 사용자의 얼굴 이미지에서 눈과 입술이 피부와 이루는 경계선을 검출하여 마스크 생성에 사용한다. 이때 메이크업 페인팅에 사용하기 적합한 수준의 부드럽고 명확한 윤곽선 마스크를 얻기 위해서 크게 세 단계의 과정을 수행한다. 첫째, 전체 얼굴 이미지에서 두 눈과 입술의 위치를 찾고 해당 부위가 차지하는 영역의 사각형 이미지를 추출한다. 둘째, 전 단계에서 추출된 이미지에서 눈 또는 입술의 외곽선을 검출하여 이미지의 각 픽셀들을 외곽선 내부와 외부로 분류한다. 마지막으로 전 단계에서 분류된 결과 이미지를 원래의 이미지에 통합하고, 이를 3차원 기하 모델 데이터에 투영시켜서 마스크를 생성한다.

### 3.1 AdaBoost 기반 특징 영역 검출

자동화된 메이크업 마스크 생성 방법의 첫 번째 단계는 그림 2의 (1)과 같이 전체 얼굴 이미지에서 눈과 입술이 차지하는 영역을 검출하는 과정이다. 본 연구에서는 2차원 영상으로부터 얼굴과 특징 영역(눈, 코, 입술)을 검출하기 위하여 AdaBoost 알고리즘을 사용한다[7]. 이 방법은 먼저 많은 이미지들에서 검출하고자 하는 특성을 학습·분류하고, 후에 학습된 패턴들의 연결을 이용하여 실시간으로 특징 영역 검출을 가능하게 한다.

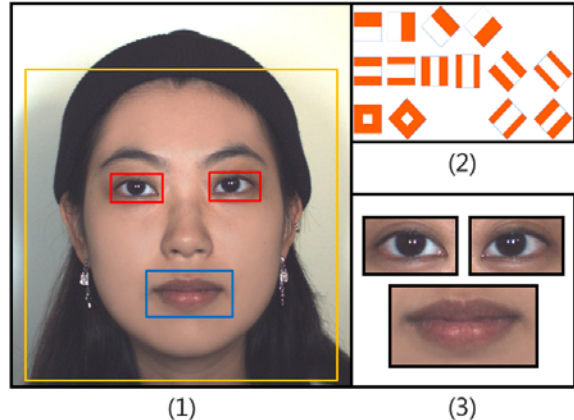


그림 2. AdaBoost 기반 특징 영역 추출의 예

본 연구에서는 눈과 입술 영역을 검출하기 위해서 통계적 모델을 구축하였다. 이를 위해서 눈과 입술 이미지의 특성이 포함된 positive 영상 11,000개와 포함되지 않은 negative 영상 23,000개의 패턴을 Haar-like feature를 이용하여 학습한다. Haar-like feature란 영역 내에서 단순하고 객체간의 구별 능력이 있는 특징들로서, 각 특징들은 모서리(Edge), 선(Line), Center-surround 등으로 정의된다. 그림 2의 (2)는 특징 검출을 위하여 정의되는 Haar-like feature의 형태를 나타낸다. 그림과 같이 사각형 내부의 각각 다르게 표시된 영역단위로 픽셀 값을 모두 더해 영역사

이의 차이를 계산함으로써 해당 영역의 특징 값을 구할 수 있다. 각 Haar-like feature는 x와 y방향으로 최대 24x24 까지 크기가 확장되며 이때 서로 다른 위치와 비율을 유지한 상태에서의 확장을 통해 43,200개의 경우가 생길 수 있다. 본 연구에서는 총 10개의 Haar-like feature를 선택하고 해당 Haar-like feature를 검출하는 20개의 약한 선택 기준(weak classifier)들의 집합으로 패턴을 학습하였다. 이처럼 약한 선택 기준들의 선형적인 연결을 통해 강한 선택 기준(Strong classifier)을 만드는 알고리즘을 Boost라고 하는데, 이를 사용하여 효율적이고 정확도 높은 얼굴 특징 영역 검출이 가능하다. 최종적으로, 구축된 통계적 모델을 메이크업 시뮬레이션에 사용하고자 하는 얼굴 이미지에 적용하여 주요 특징 영역을 검출한다. 그림 2의 (3)은 본 방법을 적용하여 검출된 눈과 입술 영역의 이미지를 보여 준다.

### 3.2 영상처리 기반 마스크 영역 검출

자동화된 메이크업 마스크 생성 방법의 두 번째 단계는 전 단계를 통해서 추출된 특징 영역 이미지에 대한 마스크 영역을 검출하는 과정이다. 마스크 생성에 사용되는 입력 영상은 촬영 조도 환경, 표본 얼굴의 피부색과 텍스처 상태로 인하여 하나의 방법을 눈과 입술 영역 각각에 공통적으로 적용하여 정확한 마스크 정의가 쉽지 않다. 따라서 본 연구에서는 눈과 입술 각각에 기본 처리 절차에 정확성 향상을 위하여 부분적으로 다른 과정들을 추가하여 마스크 영역을 검출한다.

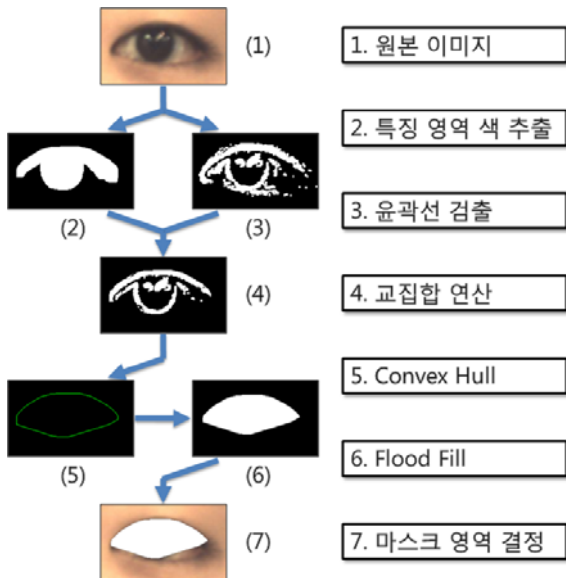


그림 3. 눈 영역에 대한 마스크 생성 과정

본 연구에서는 눈 영역 이미지의 속눈썹과 안구를 포함하는 영역을 눈 마스크 영역으로 결정한다. 그림 3은 눈 영역에 대한 마스크 영역 검출 과정을 나타낸 것이다. 본 방법에

서는 우선 속눈썹과 안구의 정확한 외곽선(contour) 검출을 위해서 특징 영역 색 추출과 윤곽선(edge) 검출 방법을 적용한다. 먼저 특징 영역 색의 추출은 눈동자와 속눈썹에 대하여 수행된다. 이 방법은 눈 영역에서 RGB 색공간에서 눈동자의 색을 기준으로 각 픽셀과의 기하학적 거리를 측정하여, 그 거리값이 경험적으로 결정된 일정 임계값 내에 있을 경우 해당 픽셀들을 속눈썹과 눈동자의 영역으로 결정한다. 그리고 윤곽선 검출은 Canny edge detection 알고리즘을 사용한다. 위의 두 방법을 수행하여 생성된 두 개의 결과 이미지에 흰색으로 표시된 부분에 대한 교집합 연산을 수행하면 속눈썹과 눈동자 영역에서의 윤곽선 성분을 검출할 수 있다. 이후 눈의 외곽선을 결정하기 위해서 convex hull을 사용하여 주어진 이미지의 최외곽 점들을 둘러싸는 다각형을 구하고, flood fill을 사용하여 다각형 내부를 특정한 하나의 색상으로 모두 채운다. 마지막으로 마스크 영역을 결정하기 위해서 눈 외곽선 내부 영역이 특정 색으로 채워진 형태의 결과 이미지를 만든다.

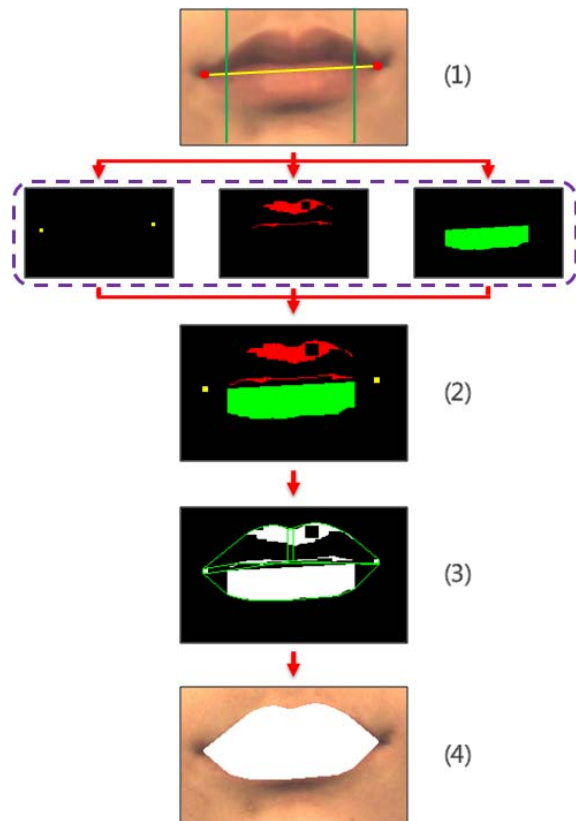


그림 4. 입술 마스크 영역 검출 과정

그림 4는 입술 마스크 영역 검출 과정을 나타낸 것이다. 입술 마스크 영역의 검출과정은 입술 이미지를 세 영역(윗입술, 아랫입술, 검출 제외)으로 나누어 수행한다. 먼저 그림 4와 같이 입술의 형태적 특성을 이용하여 입술의 양 끝점을 찾아 영역을 분할하는 기준으로 삼는다. 일반적으로 입술 이미지를 세로로 분할하여 양쪽에서 가장 밝기 값이 작은 위

치를 검색하면 쉽게 입술의 양 끝점을 찾을 수 있다. 입술의 양 끝점을 찾은 뒤, 영역 분할을 위해서 그림 4의 (1)과 같이 입술 양 끝점 사이 좌우 1/8지점을 기준으로 이미지를 3등분 한다. 3등분한 이미지의 바깥쪽 두 부분은 검출 제외 영역이 된다. 그 후에 가운데 부분을 입술 양 끝점 사이 중점을 기준으로 가로로 분할하여 위·아랫입술 영역으로 나눈다. 영역 분할한 후에는 각 영역 별로 외곽선 검출 과정을 수행한다. 입술 영역 이미지는 입술과 피부 영역 픽셀간의 밝기 값 차이가 뚜렷하지 않기 때문에 RGB 색모델을 HSI 색모델로 변환한 후에 색상(Hue)값을 외곽선 검출에 이용한다. 아랫입술 영역의 경우 일정 임계값을 벗어나는 색상 영역을 제거하여 쉽게 외곽선을 찾을 수 있다. 윗입술 영역의 경우는 색상 값의 차이만으로는 외곽선 검출이 쉽지 않기 때문에 윤곽선 검출과 병행하여 수행한다. 두 영역에서 외곽선 검출을 위한 과정을 모두 수행한 뒤, 그림 4의 (2)와 같이 입술 양 끝점과 위·아랫입술의 외곽선을 한 이미지에 통합한다. 이후 그림 4의 (3)과 같이 통합된 이미지의 외곽선을 선으로 연결하고, 그림 4의 (4)와 같이 외곽선 내부 영역을 특정 색으로 채워 마스크를 완성한다.

### 3.3 이미지 투영 기반 3차원 얼굴의 특징 영역 레이블링

마스크 영역 검출과정이 끝난 후, 눈과 입술의 마스크 영역 검출 이미지를 원래의 얼굴 텍스처 이미지에 통합한다. 그 후에 통합된 텍스처 이미지를 스캐닝 데이터의 3차원 표면 기하 정보에 투영함으로써 메이크업 시뮬레이션에 사용될 얼굴 모델의 각 정점 레이블을 영역별로 분류한다. 이를 통해서 분류된 정점의 각 레이블을 메이크업 페인팅의 마스크 방법에 활용 가능하다.

## 4. 구현 및 실험

본 연구에서는 개발한 자동화된 마스크 생성 방법의 성능을 평가하기 위하여 가상 환경 기반 메이크업 시뮬레이션 어플리케이션을 개발하였다. 실험을 위한 하드웨어 환경은 크게 Geometrix FaceVision 스캐너와 Sensable PHANTOM 햅틱 장치, 그리고 SeeReal C-s 오토 스테레오 디스플레이 장치로 구성된다. 그리고 실험 데이터를 수집하기 위하여 세종대학교 여학생 10명을 대상으로 Geometrix FaceVision 스캐너를 사용하여 3차원 얼굴 모델을 추출하였다.

그림 5는 세 명의 모델에 대하여 자동화된 마스크 생성 방법을 적용한 결과를 나타낸다. 총 10명의 얼굴 이미지에 대하여 실험을 적용한 결과 눈과 입술 영역에 대하여 비교적 정확한 마스크 생성이 가능함을 확인하였다.

그리고 자동화된 마스크 생성 방법이 메이크업 시뮬레이션에서의 효과를 평가하기 위하여 마스크 적용 여부에 따른

메이크업 결과를 비교하였다. 이를 위해서 각 정점은 얼굴 피부, 눈(안구와 속눈썹), 입술의 세 가지 레이블로 분류하여 마스크를 수행하였다. 메이크업 페인팅은 피부 영역 전체에 기초화장을 통해서 피부 톤을 바꾸고 색조화장으로 아이-새도우 효과를 적용하였다. 그리고 입술 영역에 대해서 립-글로즈 효과를 적용하였다.

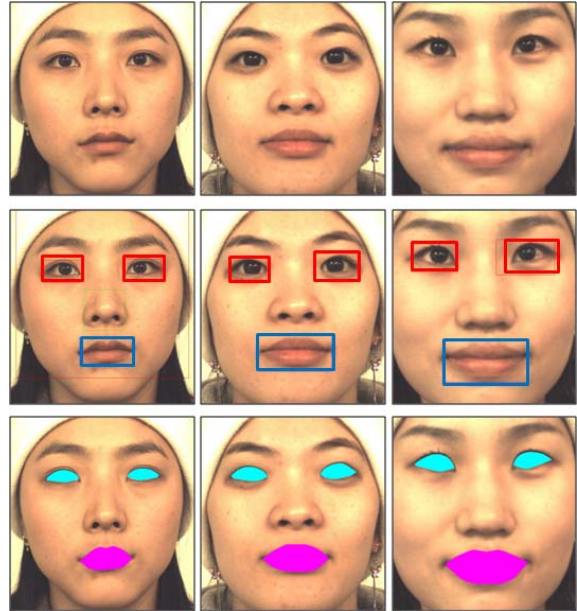


그림 5. 마스크 영역 검출 결과

그림 6은 동일한 얼굴 모델에 대해 동일한 메이크업 페인팅을 수행한 결과를 마스크 적용 여부에 따라 비교한 것이다. 그림 6의 (1)은 마스크가 적용되지 않은 경우의 메이크업 결과이고, 그림 6의 (2)는 마스크가 적용된 경우의 메이크업 결과이다. 그림 6의 (3)은 눈과 입술 영역에 대해서 (1)와 (2)의 결과 비교한 것으로서 흰 점선 왼쪽은 (1)의 결과, 오른쪽은 (2)의 결과이다. 마스크 과정 없이 메이크업 시뮬레이션을 수행하는 경우에는 얼굴 모델의 3차원적인 굴곡과 표면 성질을 결정하는 파라미터에 의해서 위치에 따라 촉각 피드백이 변화하기 때문에 lip-line과 eye-line의 범위를 벗어나지 않는 정확한 영역에 메이크업 페인팅을 적용하기가 매우 어려웠다. 하지만 마스크를 적용한 경우에는 햅틱 장치의 조작이 익숙하지 않은 메이크업 시뮬레이션의 초심자라도 영역선 경계 외부로의 번짐 없이 수월하게 메이크업 페인팅을 수행할 수 있었다.

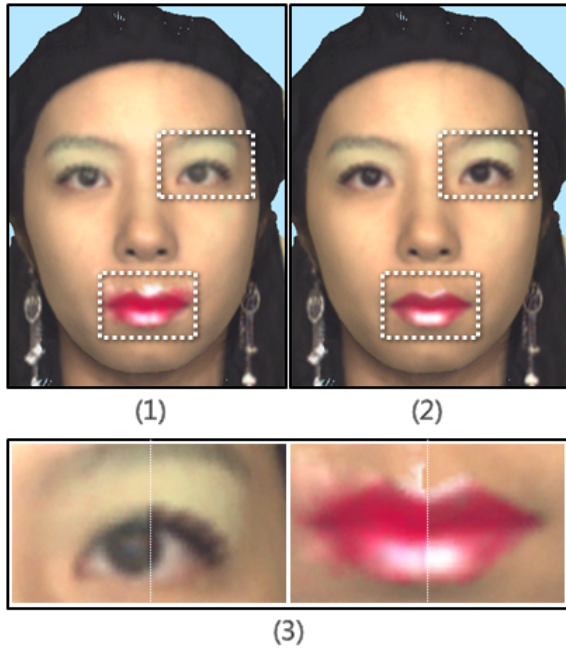


그림 6. 마스크 적용 여부에 따른 메이크업 페인팅 결과

## 5. 결론 및 향후 연구

본 연구에서는 3차원 스캐너로부터 획득한 얼굴 모델에 대하여 사용자가 햅틱 인터랙션 기반의 직관적이고 쉬운 3차원 가상 메이크업 시뮬레이션을 하도록 하기 위한 자동화된 마스크 생성 방법을 개발하였다. 실험을 통하여 사용자가 실제적인 메이크업 작업 이전에 마스크 생성을 위한 특별한 개입 없이 얼굴의 주요 특징 영역에 대하여 비교적 정확한 마스크를 생성할 수 있음을 확인하였다. 이렇게 생성된 마스크는 메이크업 효과 적용 시에 사용자에게 보다 간단하고 정교한 페인팅을 가능하게 하였다.

향후에는 현재의 방법을 개선하여 좀 더 다양한 조명 환경과 표본 얼굴 데이터에 대하여 안정적이고 정확한 마스크 영역 검출 결과를 얻도록 할 것이다. 추가적으로는 눈과 입술 외의 영역(쌍꺼풀, 눈썹, 등)들에 대한 마스크를 생성할 수 있도록 본 방법을 확장할 계획이다.

## 참고문헌

- [1] "FaceFilter Studio 2," Software available at <http://www.reallusion.com/facefilter>
- [2] "VF Pro," Software available at <http://virtual-fashion.com/>
- [3] H. Pfister, M. Zwicker, J.V. Baar, M. Gross, "Surfels: surface elements as rendering

primitives," ACM SIGGRAPH, pp. 335-342, 2000.

- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] N.A. Dodgson, "Autostereoscopic 3D displays," IEEE Computer, Vol. 38, No. 8, pp. 31-36, 2005.
- [7] P. Viola and M. Jones, "Rapid Object Detection Using a Boosted Cascade of Simple Features", In Proceedings IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition pp. 511-518, 2001