

얼굴 표정의 카툰 렌더링

Cartoon Rendering for Facial Expression

정혜문, Hyemooon Jung*, 변혜원, Haewon Byun**,

요약 일반적인 물체와 달리 사람의 얼굴은 표정이라는 중요한 시각적 요소를 포함하고 있다. 이러한 이유로 만화가들은 빛에 의한 음영 이외에도, 장면의 분위기와 캐릭터의 특징을 효과적으로 전달하기 위해 특별한 음영을 얼굴에 그려 넣는다. 이러한 음영은 물리적으로 타당하지는 않지만 얼굴의 형태와 표정을 강조하기 때문에 얼굴 표정의 카툰 렌더링에서 반드시 고려해야 할 사항이다. 이 논문에서는 실제 만화가의 음영 표현방식에 착안하여 캐릭터 얼굴을 위한 새로운 카툰 렌더링 방법을 제안한다. 이를 위해 먼저 다양한 만화 이미지를 수집하여 얼굴의 음영표현을 분석하고, 캐릭터의 표정에 따라 카툰 렌더링을 달리 하기 위해서 음영표현 템플릿을 정의하였다. 그리고 이러한 만화가들의 음영표현방식을 바탕으로 기존의 카툰 렌더링 방법을 발전시켜 효과적으로 캐릭터의 표정을 강조하는 캐릭터 얼굴 카툰 렌더링 시스템을 구현하였다. 마지막으로 사용자평가를 통해 논문에서 제안한 방법의 유용성을 증명한다.

Abstract The human face has "expression" as an important visual factor in contrast with general objects. For this reason, cartoonists draw shadow that emphasizes facial shape and facial expression in order to convey atmosphere of scene and trait of character. This shadow should be considered when doing cartoon rendering for facial expression although it is not an physical shading. This paper proposes a cartoon rendering system for facial expression based on shading techniques of real cartoonist. First of all, we searched such techniques of cartoonist through variety of collected cartoon images and defined shadow templates according to character's facial expression to do cartoon rendering differently. After that, we demonstrated cartoon rendering system of facial expression on the basis of survey result that effectively emphasizes facial shape and facial expression. Finally, we showed the usefulness through the user questionnaire.

핵심어: *Computer Graphics, Non-Photorealistic Rendering, Cartoon Rendering, Facial Expression.*

1. 서론

비사실적 렌더링(Non-Photorealistic Rendering : NPR) 분야에서는 3차원 물체를 효과적으로 묘사하기 위한 음영표현에 관한 연구가 지속되어 왔다. 과거의 음영표현에 대한 연구는 단순히 3차원 물체의 기하학적인 특성을 분석하여, 광원의 위치와 물체 표면의 물리적인 관계를 계산하여 음영을 표현하는 것이 대부분이었다.

그러나 최근 비사실적 렌더링 중 만화적인 표현을 위한 카툰 렌더링(Cartoon Rendering) 분야에서는 이러한 광원과 물체의 기하학적인 상관관계보다는 만화에서의 실제 음영표현과 가깝게 표현하는 방법론에 관한 연구가 대두되고

있다[2][3][5]. 실제 만화에서 물체에 음영을 넣을 때 만화가들의 관심사는 광원의 위치가 아니라 독자나 관객에게 장면의 분위기를 효과적으로 전달하는 것에 있다. 이러한 이유로, 카툰 렌더링을 할 때에는 물리적으로 타당한 음영이 아니더라도 만화가들의 실제 음영표현에 초점을 맞추어서 캐릭터 얼굴의 음영표현을 하여야 한다.

카툰 렌더링 연구에서 중요하게 고려되어야 할 또 다른 요소는 바로 캐릭터의 얼굴 표정이다. 실제로 만화에서 독자나 관객이 가장 많이 보게 되는 캐릭터의 얼굴 표정은 캐릭터의 특징을 강조하여 장면의 분위기를 전달하는 매개체로서 만화에서 중요한 역할을 한다. 하지만 지금까지의 카툰 렌더링 연구는 만화에서 중요한 요소인 캐릭터의 얼굴 표정

*주저자 : 성신여자대학교 일반대학원 전산학과 e-mail: hyemooon@sungshin.ac.kr

**교신저자 : 성신여자대학교 미디어정보학부 교수 e-mail: haewon@sungshin.ac.kr

에 초점을 맞춘 연구가 미비하다. 이러한 이유로 우리는 카툰 렌더링에 캐릭터의 얼굴 표정을 과장할 수 있는 방법론이 필요하다고 판단하였다.

이 논문에서는 실제 만화가의 음영표현에 기반을 둔 캐릭터의 얼굴 표정을 위한 카툰 렌더링 시스템을 제안한다. 먼저 연구에 앞서 만화가의 실제 음영표현방식을 분석하기 위해 다양한 만화 이미지를 수집 후 관찰하고, 이를 토대로 캐릭터의 얼굴에 나타나는 음영을 분류한다. 또한 캐릭터의 표정에 따라 카툰 렌더링 방법을 달리 하여야 한다고 판단하여 캐릭터 표정의 음영표현 템플릿을 정의한다. 그 후 이러한 만화가의 음영표현방식의 관찰결과를 토대로, 캐릭터의 얼굴 형태와 표정을 자동으로 과장하고, 다양한 만화가들의 음영표현방식을 뒷받침 하기위해 마우스를 이용한 직관적인 클릭 앤 드래그 인터페이스를 이용하여 사용자가 음영을 자유롭게 편집할 수 있도록 한다.

시스템 구현에 앞서 2장에서는 관련연구에 대하여 조사하고, 3장에서는 실제로 만화가들이 캐릭터의 얼굴에 어떻게 음영표현을 하는지 관찰한다. 캐릭터 얼굴의 형태와 표정을 음영을 통해 효과적으로 강조하고 사용자가 자유롭게 음영을 편집하는 방법론은 4장에서 자세하게 설명한다. 마지막으로 5장에서는 설문조사를 통해 이 시스템의 유용성을 증명하고, 6장에서는 결론 및 향후 연구에 관하여 기술한다.

2. 관련연구

카툰 렌더링은 물체를 불연속적인 음영단계로 표현하는 카툰 셰이딩 기법과 3차원 물체의 외곽선 추출 기법이 결합된 NPR의 대표적인 연구 분야이다. 다양한 카툰 렌더링 연구 중 초기 연구[1]를 발전시켜 실제 사람의 표현방식을 컴퓨터 그래픽스 기술로 재현하는데 초점을 맞춘 연구가 활발히 진행되고 있다.

여러 만화가의 표현방식에 모두 만족하는 알고리즘 구현은 매우 어렵기 때문에 사용자 편집 기반으로 물체를 표현하는 연구가 진행되었다. 특히 사용자가 직접 3차원 물체 위에서 직관적으로 음영을 편집하는 연구가 있는데, Ken-ichi 등은 비교적 단순한 인터랙션 방법인 마우스 클릭-드래그를 통한 사용자 편집 기반 음영편집 시스템으로 사용자가 직접 정교한 조명 환경을 조작해야 하는 불편한 과정을 없앤 시스템을 제안하였고[2], Hideki 등은 페인트-브러시 메타포를 사용하여 Ken-ichi의 시스템을 발전시켰다[3]. 이는 카툰 렌더링에 만화가의 음영표현방식을 적극적으로 반영하였다는 점에서 본 연구의 모티브가 되었다.

그 밖에도 컴퓨터 그래픽스 분야에 만화가의 실제 표현방식을 연결시킨 연구가 지속되었다. Cole 등은 기존의 3차원 물체의 외곽선 추출 알고리즘이 실제 사람이 그린 것과 얼

마나 유사한지를 비교하기 위해 7명의 화가를 대상으로 실험하였고[4], Martin 등은 만화 "Sin City"와 "Spawn"의 독특한 표현방식을 컴퓨터 그래픽스 기술로 재현하였다[5]. 또한 Barla 등은 기존의 가로축만으로 구성된 1차원 텍스처를 세로축을 추가해 2차원으로 확장하여 만화 표현기법 중 원근감과 안개효과를 표현을 재현하였다[6].

이 연구는 만화가의 실제 음영표현방식을 이용한 카툰 렌더링 연구들에 영감을 받았다. 하지만 이전 연구들은 일반적인 물체를 대상으로 연구하고 실험하였기 때문에, 만화에서 중요한 역할을 하는 캐릭터의 얼굴 표정에 초점을 맞춘 음영표현 및 편집 시스템이 필요하다고 판단하고 본 연구를 시작하였다.

3. 만화가의 캐릭터 얼굴 음영표현

만화가들이 실제로 캐릭터 얼굴에 음영표현을 어떻게 하는지 분석하기 위해 만화 이미지를 다양하게 수집하여 관찰해 보았다. 주로 셀 채색 기법으로 표현된 캐릭터 이미지를 수집하기 위해 한국과 일본 만화들을 참조하였다.

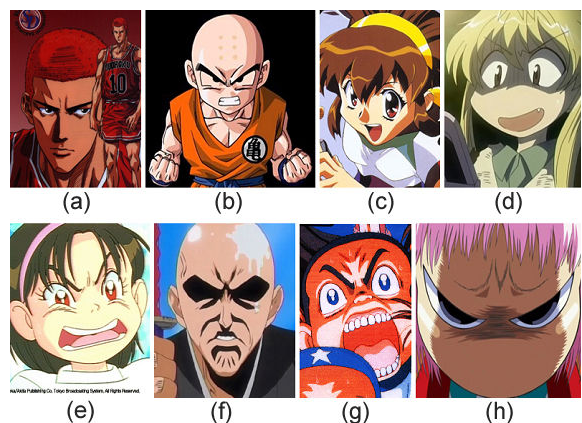


그림 1. 다양한 만화 캐릭터의 얼굴

[그림1]은 만화 캐릭터의 다양한 얼굴 표정을 보여주고 있다. (a)와 (c)는 코의 형태를 음영을 통하여 잘 표현하고 있다. (g)는 놀라는 표정을 강조시키기 위하여 광원의 위치를 얼굴 아래에 배치하였으며, (d), (f), (h)는 화난 표정을 강조시키기 위하여 광원의 위치와 무관한 음영표현을 하였다.

표 1. 캐릭터 얼굴에 나타나는 음영표현

종류	특징
빛에 의한 음영표현	- 얼굴의 대부분을 차지하는 기본 음영
형태 과장을 위한 음영표현	- 눈, 코, 입 등의 얼굴 형태를 강조 - 얼굴 골격의 강조
표정 과장을 위한 음영표현	- 표정으로 인한 주름의 과장 - 감정에 따른 상황별 음영표현



그림 2. 시스템 프로세스

분석 결과, 만화가들은 캐릭터의 얼굴에 기본적으로 빛에 의한 음영표현도 하지만 그 외에도 다른 여러 가지 요소를 고려해서 캐릭터의 얼굴을 표현을 한다는 것을 알 수 있었다. 얼굴의 입체감을 살리기 위해서나, 표정을 강조하기 위해서나 또는 장면의 분위기를 과장하기 위해서 얼굴에 추가적인 음영을 그려 넣었다. [표1]은 관찰한 결과를 토대로 캐릭터 얼굴에 나타나는 음영표현을 3가지로 분류한 것이다.

여기에서 주목할 점은 만화가들은 표에서 보는 바와 같이 캐릭터의 현재 감정에 따라 음영표현을 달리한다는 것이다. 이는 캐릭터의 얼굴 표정을 위한 카툰 렌더링 시스템에서 꼭 고려해야 한다고 판단하여 시스템 구현에 앞서 캐릭터 표정의 음영표현 템플릿을 캐릭터의 감정에 따라 정의하였다.

표 2. 캐릭터 표정을 위한 음영표현 템플릿

감정	음영표현
행복, 환희	- 볼에 붉은 홍조 표현 - 안개효과를 통한 장면연출
경악, 분노	- 이마부터 눈 밑까지 그늘 - 전체적으로 명도 낮춤

이 논문에서는 이러한 관찰결과와 미리 정의한 음영표현 템플릿을 토대로 캐릭터 얼굴의 형태와 표정을 자동적으로 강조하고, 다양한 만화가의 표현방식을 뒷받침 하기위해 직관적인 인터페이스로 음영표현을 편집할 수 있도록 한다.

4. 캐릭터 얼굴 카툰 렌더링 시스템

4.1 시스템 개요 및 프로세스

캐릭터 얼굴 표정의 카툰 렌더링 시스템은 크게 세 가지 단계로 나눌 수 있다. 먼저 조명 환경 설정 단계는 다양한 형태의 캐릭터의 얼굴을 만족시키기 위한 단계로서, 입력 얼굴의 주요 특징점(코 끝, 정수리, 오른쪽 귀)의 위치를 자동으로 분석한 후 얼굴의 형태를 과장할 때 필요한 조명의 위치를 계산한다. 얼굴 음영 묘사 단계에서는 이전 단계에서 배치한 조명을 이용하여 만화가의 음영표현방식을 바탕으로

얼굴형 표현, 얼굴 형태 과장, 얼굴 표정 과장, 외곽선 추출 및 표현의 순서로 캐릭터 얼굴에 음영을 묘사한다. 마지막으로 얼굴 음영 편집 단계에서는 캐릭터의 표정에 따라 카툰 렌더링을 달리하기 위해 사용자가 캐릭터의 감정을 지정해 주면 음영표현 템플릿을 적용하여 감정별로 얼굴 표정을 자동으로 강조한다. 그 후 다양한 만화가들의 음영표현방식을 뒷받침 하기위해 마우스를 이용한 클릭 앤 드래그 인터랙션을 통하여 캐릭터 얼굴의 음영을 직관적으로 편집하여 사용자가 원하는 음영표현을 자유롭게 할 수 있다. [그림2]는 시스템의 전체적인 과정을 보여주고 있다.

4.2 조명 환경 설정

얼굴 분석 단계에서는 입력 얼굴의 특징점의 위치를 통해 얼굴 범위를 분석하여 캐릭터의 얼굴 형태를 표현하는 주조명과 캐릭터의 얼굴 형태를 과장할 때 필요한 보조조명의 위치를 계산한다.

먼저 얼굴의 중심이 원점에 있는 모델을 사용한다고 가정하고 Z좌표가 가장 큰 정점을 코 끝(NosePos)으로 정하고, Y좌표가 가장 큰 정점을 정수리(TopPos)로 정하고, X좌표가 가장 큰 정점을 오른쪽 귀(RightPos)로 정한다. 이 세 정점의 위치를 기준으로 주조명 L_{main} 과 보조조명 L_{assist} 의 위치를 자동으로 결정한다. 주조명은 얼굴의 윤곽을 표현하기 위해 얼굴의 정면에 배치한다.

$$L_{main} = (0, 0, NosePos \times 2) \quad (1)$$

얼굴의 형태를 과장하기 위한 보조조명은 인물사진의 조명법에서 아이디어를 착안하였다[7]. 인물사진의 기본 조명법의 하나인 렘브란트 조명법(Rembrandt lighting)은 눈과 코끝의 위치를 기준으로 머리 위에서 사선으로 인물의 얼굴을 비추는 기법이다. 이는 명암의 배분이 이상적이어서 인물사진의 조명법 중 사람의 얼굴을 가장 입체감있게 표현하기 때문에, 이것을 바탕으로 보조조명을 배치하였다. [그림3]은

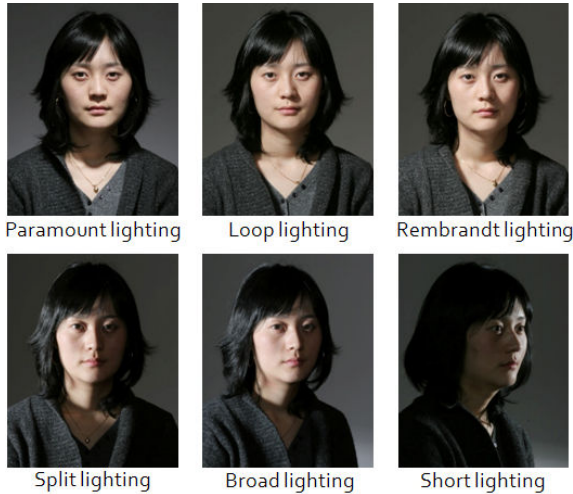


그림 3. 인물사진의 6가지 기본조명 [7]

인물사진의 6가지 기본조명을 보여주고 있다. 다른 조명법과 비교하였을 때 렘브란트 조명법이 가장 얼굴을 가장 입체적으로 표현하고 있다는 것을 알 수 있다.

$$L_{assist} = (RightPos, TopPos, NosePos \div 2) \quad (2)$$

(2)식은 앞서 분석한 얼굴의 범위를 나타내는 좌표 3가지를 이용하여 보조조명의 위치를 찾는 방법이다. [그림4]는 얼굴 분석 단계에서 자동적으로 배치된 주조명과 보조조명의 위치를 보여주고 있다.

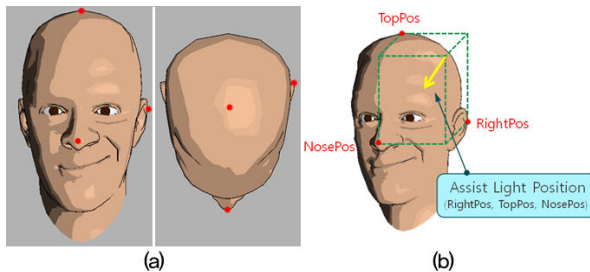


그림 4. 얼굴 분석을 통한 보조조명의 자동 배치

4.3 얼굴 음영 묘사

얼굴 묘사 단계에서는 이전단계인 얼굴 분석 단계에서 자동적으로 배치한 조명을 바탕으로 얼굴 윤곽 표현, 얼굴 형태 과장, 얼굴 표정 과장의 순서로 음영을 표현하고 마지막으로 외곽선을 그리는 순서로 캐릭터의 얼굴을 표현한다.

4.3.1 얼굴 윤곽 표현

만화가들은 광원의 위치와 관계없이 캐릭터 얼굴이 입체적으로 표현되도록 얼굴 외곽에 음영을 넣어 얼굴형을 표현하기 때문에, 먼저 기존 카툰 렌더링의 음영표현 방법으로 정면광을 사용하여 얼굴 가장자리에 음영을 넣어 얼굴윤곽

을 표현한다. 이 때 물체의 표면에 해당하는 각 정점 v 의 법선벡터 $N(v)$ 와 주조명의 위치 L_{main} 을 이용한다.

$$I(v) = N(v) \cdot L_{main} \quad (3)$$

(3)식을 통하여 각 정점의 밝기에 해당하는 값 $I(v)$ 를 계산한 후, 이 값을 이용하여 불연속적인 음영단계로 이루어진 1차원 텍스처의 u 좌표를 결정한다.

4.3.2 얼굴 형태 과장

캐릭터 얼굴에 있는 음영은 조명의 위치에 의존적이기 때문에, 얼굴의 형태를 나타내주는 음영이 모두 사라져 버릴 수 있다. 그러므로 주조명과 별개로 캐릭터 얼굴의 형태를 과장할 수 있도록 도와주는 보조조명을 사용하여야 한다. 얼굴 형태를 과장하는 방법은 인물사진에서의 조명법에서 착안하였다[7].

$$I_{shape}(v) = k \times N(v) \cdot L_{assist} \times I(v) \quad (4)$$

(4)식을 통하여 얼굴의 형태를 과장하기 위한 음영표현을 정의한다. k 는 사용자 파라미터로서 장면에서 주조명에 대한 보조조명의 비중을 나타내며, L_{local} 은 보조조명의 위치이다. [그림5]는 얼굴의 윤곽만 표현한 결과와 얼굴의 형태과장을 위한 음영을 배치한 결과를 비교한 것이다.

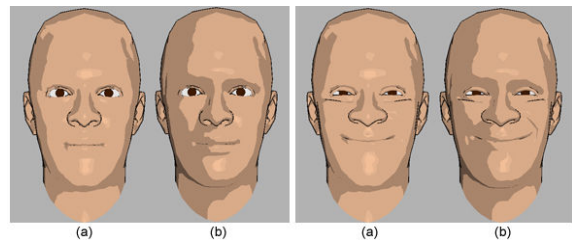


그림 5. 얼굴 형태과장 묘사 전후 비교
(a) 일반적인 카툰렌더링으로 얼굴형 표현, (b) 형태과장 후

4.3.3 얼굴 표정 과장

얼굴의 형태를 과장하는 음영과 마찬가지로, 표정을 나타내는 음영 또한 조명의 위치에 상관없이 음영표현이 사라지지 않고 지속되어야 한다. 먼저 미리 읽어 들인 무표정 얼굴과 비교하여 두 얼굴의 물리적인 정점의 거리 변화량과 표면 법선벡터의 방향 변화량을 계산한다.

$$P_{exp} = \{ v \in S \mid \Delta n \geq d \} \quad (5)$$

P_{exp} 는 얼굴 표면 S 에 해당하는 정점 v 중에서 기본 얼굴과 비교하여 변화량이 임계치 d 이상인 부분에 해당하는 정점 v 의 집합으로 얼굴 표정의 변화량으로 정의한다. P_{exp} 에

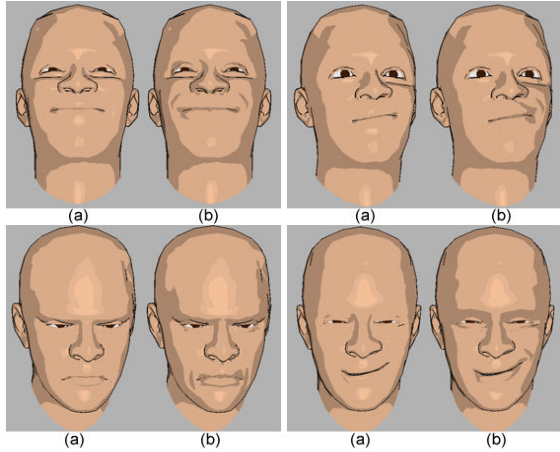


그림 6. 얼굴표정 과장묘사 전후 비교
(a) 일반적인 카툰렌더링으로 얼굴형 표현, (b) 표정과장 후

해당하는 정점들은 표정 변화로 인해 생기는 주름영역이라고 정의하고, 변화의 양만큼 어둡게 묘사하여 표정을 강조한다. [그림6]는 얼굴의 윤곽만 표현한 결과와 표정과장을 위한 음영을 배치한 결과를 비교한 것이다.

4.3.4 외곽선 표현

마지막으로 외곽선을 추출하여 이전단계의 결과물과 혼합한다. [그림7]은 얼굴 음영 묘사 단계에서 캐릭터 얼굴의 묘사과정을 순서대로 보여주고 있다.

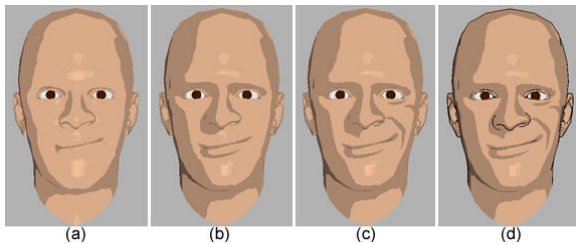


그림 7. 캐릭터 얼굴의 단계별 음영 묘사

4.4 얼굴 음영 편집

음영 편집 단계에서는 이전단계에서 자동으로 표현된 캐릭터 얼굴의 음영을 편집하는 단계이다. 먼저 앞서 정의해 놓은 [표2]의 표정별 음영표현 템플릿을 이용하여 사용자가 지정한 감정에 따라 얼굴의 음영묘사를 자동으로 바꾸어 장

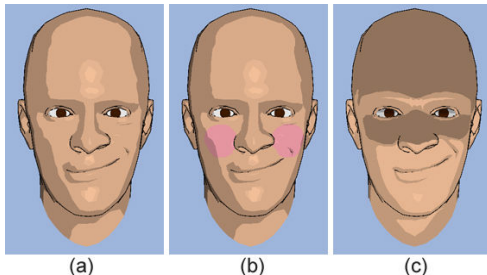


그림 8. 표정별 음영표현 템플릿 적용
(a) 기본, (b) 행복/환희 템플릿, (c) 경악/분노 템플릿

면의 분위기를 강조할 수 있도록 하였다. [그림8]은 음영표현 템플릿에 따른 캐릭터 얼굴의 모습이다.

또한 다양한 만화가들의 음영표현방식을 뒷받침 하기위해서, 사용자 편집 기반으로 직관적인 편집을 할 수 있도록 하였다. 이 단계에서는 조명의 위치를 변경하는 방식이 아니라, 벡터필드(Vector Field) 개념을 도입한 방식을 사용한다. 사용자는 마우스 클릭 앤 드래그 인터페이스를 이용하여 물체의 법선벡터 맵을 조작하는 방식으로 캐릭터 얼굴 위의 음영을 자유롭게 조작할 수 있다.

$$H(v) = Hn(v)N \quad (6)$$

$H(v)$ 는 입력 얼굴의 벡터필드를 나타낸다. 사용자가 화면에서 마우스로 클릭 앤 드래그를 하면 마우스의 이동량만큼 가중치 함수 $Hn(p)$ 에 변화를 주어 벡터필드를 조작한다.

$$P_{edit} = \{ v \in S \mid H(v) \cdot L \geq d \} \quad (7)$$

(7)식에서 P_{edit} 은 조작된 벡터필드를 통해 계산된 음영의 영역을 의미한다. 이로서 사용자가 일일이 조명의 위치에 관련된 파라미터를 바꾸어가며 음영을 편집하는 것이 아니라, 직관적으로 캐릭터의 얼굴에서 마우스 조작만으로 음영을 편집할 수 있다. [그림9]은 캐릭터 얼굴의 음영을 편집하는 모습을 보여주고 있다.

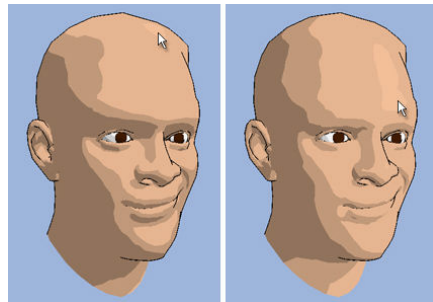


그림 9. 음영표현의 편집

5. 사용자 평가

19-28세의 남녀 43명을 대상으로 일반적인 카툰 렌더링 기법으로 표현한 [그림10-(a)]그림과 이 논문에서 새롭게 제시한 얼굴 카툰 렌더링 방법으로 표현한 [그림10-(b)]그림을 비교하여 설문조사를 실시하였다.

그 결과 응답자의 86.4%가 본 논문에서 제시한 방법의 결과물인 [그림10-(b)]를 더 긍정적으로 평가하였다. 대부분

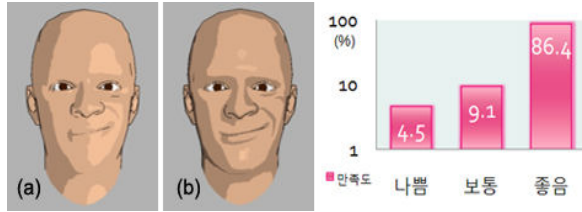


그림 10. 사용자 평가에 사용된 그림과 설문조사 결과

의 응답자는 그 이유를 적절한 음영으로 인해 얼굴 근육이 잘 보이기 때문에 이목구비를 확실히 인식할 수 있으며, 캐릭터 표정을 보다 쉽게 이해할 수 있기 때문이라고 대답하였다. 부정적으로 평가한 응답자들은 지나친 음영표현으로 얼굴이 지저분해 보이고, 얼굴이 너무 어둡게 표현되었다는 점을 그 이유로 꼽았다.

또한 추가적인 질문을 통해 응답자의 대부분이 캐릭터의 얼굴은 실제 만화에서 가장 많이 보고 접하므로 만화의 중요한 요소라고 인지하고 있었으며, 눈, 코, 입을 통하여 한 장면 안에서 다양하게 변하기 때문에 캐릭터의 얼굴 묘사만을 위한 그래픽스 기술이 필요하다는 주장에 동의하였다.

6. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 실제 만화가의 캐릭터 얼굴 음영표현방식에서 착안하여 만화에서 가장 중요한 요소인 캐릭터의 얼굴 표정을 효과적으로 전달하는 카툰 렌더링 시스템을 제안하였다. 시스템은 크게 3단계로 조명 환경 설정단계, 얼굴 음영 묘사단계, 얼굴 음영 편집단계로 나누어져 있다. 조명 환경 설정 단계에서는 얼굴의 음영묘사를 위한 주조명과 보조조명을 자동으로 배치하는 단계이고, 얼굴 음영 묘사단계에서는 램브란트 조명법을 이용하여 얼굴의 형태를 과장하고, 표정에 의한 주름영역을 어둡게 묘사하여 표정을 과장하는 단계이다. 마지막으로 얼굴 음영 편집단계에서는 캐릭터의 표정별 음영표현 템플릿을 이용하여 캐릭터의 감정을 음영표현을 통해 강조하고, 다양한 만화가의 음영표현방식을 뒷

받침하기위해 마우스 인터페이스를 이용하여 직관적인 음영 편집이 가능하도록 구현하였다. 논문에서 제안한 시스템을 통하여 만화가들은 장면에서 전달하고자 하는 분위기를 효과적으로 표현할 수 있을 것이며, 이를 통해 독자나 관객은 캐릭터 얼굴 표정의 강조를 통해 보다 쉽게 장면을 이해할 수 있을 것이다.

향후에는 만화가들의 음영표현방식에 관해 더욱 구체적으로 조사하여 좀 더 다양한 음영표현 템플릿을 카툰 렌더링에 적용시켜야 할 것이다. 또한 조명 환경 설정단계에서 캐릭터의 얼굴의 범위를 분석할 때, 이마나 입이 심하게 튀어나온 캐릭터들에 대해서도 만족하는 결과를 얻을 수 있도록 코의 위치를 분석하는 알고리즘을 만들어야 할 것이다. 나아가 자동으로 얼굴 표정을 인식하는 알고리즘을 통해 사용자가 현재 캐릭터의 감정을 일일이 정해주는 과정을 제거하여 사용자가 최소한의 노력으로 캐릭터 얼굴의 음영을 편집할 수 있도록 시스템을 발전시켜야 할 것이다.

참고문헌

- [1] Philippe Decaudin, "Cartoon-Looking Rendering of 3D-Scenes", Research Report INRIA 1996.
- [2] Ken-ichi Anjyo, et al. "Tweakable Light and Shade for Cartoon Animation", NPAR 2006.
- [3] Hideki Todo, et al. "Locally Controllable Stylized Shading", SIGGRAPH 2007.
- [4] F. Cole, et al. "Where Do People Draw Lines?", SIGGRAPH 2008.
- [5] Martin Spindler, et al. "Enhanced Cartoon and Comic Rendering", EUROGRAPHICS 2006.
- [6] Barla, P., et al. "X-toon: An extended toon shader", NPAR 2006.
- [7] 고희모, "인물사진의 6가지 기본조명(basic 6 light of portrait photography)", <http://drspark.connect.kr/cgi-bin/zero/view.php?id=fotodica&no=256>, 2005.