

사실적이고 효율적인 얼굴 주름과 근육 수축을 표현하기 위한 스케치 인터페이스

박소연^o, 박성아*, 김종현*

^o강남대학교 소프트웨어응용학부,

*강남대학교 소프트웨어응용학부

e-mail: jonghyunkim@kangnam.ac.kr

Sketch Interface for Realistic and Efficient Expression of Facial Wrinkles and Muscle Contractions

Soyeon Park^o, Seonga Park*, Jong-Hyun Kim*

^oDept. of Software Application, Kangnam University,

*Dept. of Software Application, Kangnam University

● 요약 ●

본 논문에서는 태블릿을 이용해 사용자로부터 주름 스케치를 입력받아 피부 패턴을 고려한 사실적인 얼굴 주름을 생성할 수 있는 인터페이스를 제안한다. 주름을 생성하고 싶은 모델의 normal map에 간단한 스케치를 하면 해당 모델의 피부 패턴을 고려해 스케치를 주름으로 생성해준다. 또한, 얼굴 부위별 주름 형태를 분석하여 부위별 생성되는 주름의 형태가 다르고, 나이 설정을 통해 나이에 맞는 잔주름 및 주름 형태를 변형한다. 본 논문에서 제안하는 방법을 이용한 주름 생성 방식은 주름에 대한 자세한 지식이 없는 사용자도 간단한 스케치만 한다면 자동 계산을 통해 실시간으로 주름을 생성해주며, 얼굴 패턴에 따른 사실적인 주름이 생성되는 결과를 보여준다.

키워드: 주름(Wrinkle), 스케치(Sketch), 노말 맵(Normal map), 근육 수축(Muscle contraction)

I. Introduction

세상의 각 객체는 고유 재질의 특성에 따라 패턴을 가지고 있다. 마찬가지로 사람도 개개인의 피부 특성에 따라 고유한 특징을 가지고 있는데, 현재 가상현실 내에서 이러한 사람의 고유한 피부 특성을 살리며 주름을 생성해주는 인터페이스는 거의 없다. 현재 사실적인 3D 사람 모델링을 만들기 위해서는 3D 스캐너와 같은 고가의 장비가 필요하거나 주로 전문 디자이너들이 수작업을 통해 진행하기 때문에 일반인들이 접근하기에 어려운 부분이 있다. 이러한 작업은 금액적인 부담이 매우 크며 재수정하기가 어렵고 일반인들이 접근하기에 어려운 부분이 있다[1]. 본 논문에는 이러한 한계점을 해결하고자 일반인들도 할 수 있는 간단한 스케치를 통해 3D 모델링에 사실적인 주름을 생성할 수 있는 인터페이스를 제안한다. 이를 통해 커지고 있는 가상현실 시장 내에서의 CG 또는 디지털 휴먼 같은 분야에 활용성이 높고 사용자에게 더 높은 몰입감과 편의성을 줄 수 있다는 점에서 의의가 있다.

II. The Proposed Scheme

1. User interface

사용자의 스케치를 입력받기 위해 먼저 스케치를 그릴 수 있는 인터페이스를 제작한다. 화면은 다음과 같이 구성된다. Fig. 1a는 모델의 나이를 정하는 슬라이드 바로 나이에 따라 생성되는 주름의 형태가 다르다. Fig. 1b는 주름의 진하기를 정하는 슬라이드 바로 0으로 설정하면 진한 주름이 1로 설정하면 연한 주름이 그려진다. Fig. 1c는 skin texture에서 주름에 따른 그림자를 생성하는 슬라이드 바로 숫자를 높일수록 skin texture의 색상이 어두워진다. Fig. 1d는 사용자의 스케치를 입력받는 화면으로 사용자가 주름을 생성하고 싶은 곳에 라인을 그리게 된다. 다음과 같이 인터페이스가 구성되어 있으며 사용자가 각각의 값을 설정 후 스케치를 하면 주름이 자동으로 계산되어 사용자의 스케치가 주름으로 적용된 노말 맵 이미지와 skin texture가 완성된다. 완성된 노말 맵 이미지와 skin texture는 Unity에서 3D 모델링에 적용되고, 최종적으로 가상현실에서 3D 모델링에 주름이 적용되게 된다.

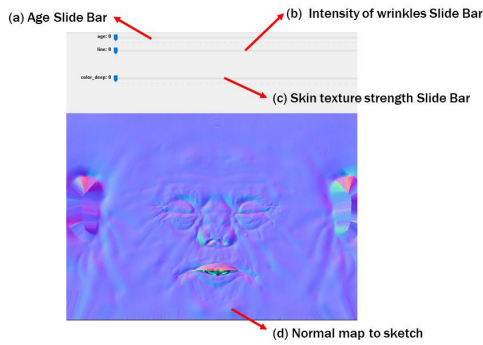


Fig. 1. Wrinkle sketch interface

2. Basic form of wrinkles

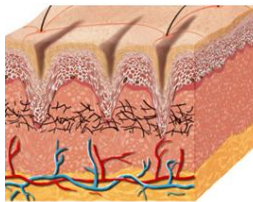


Fig. 2. Principle of wrinkle formation

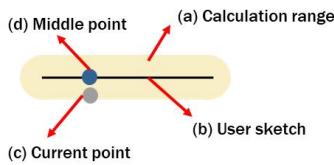


Fig. 3. Wrinkle calculation area

주름이 생기는 원리는 노화에 의해 세포 기능이 저하되고, 자외선 등에 의해 진피의 구조가 파괴되어 주름이 생기는 것으로 Fig. 2 이미지처럼 뾰족하게 파이는 형태로 나타난다. 이러한 주름의 모습을 노말 맵에서 나타내주기 위해 먼저 Fig. 3과 같이 주름 계산 영역을 정한다. 살구색 범위 Fig. 3a는 주름 계산을 위해 임의로 정한 범위이며, 검은색 라인 Fig. 3b는 사용자가 실제 스케치한 주름이다. 살구색 범위 위의 한 점을 현재 점 Fig. 3c 현재 점 Fig. 3c와 가장 가까운 검은색 라인 Fig. 3b 위의 한 점을 중심점 Fig. 3d라고 하였을 때 이 두 점을 이용하여 Fig. 3a 범위 내의 노말 벡터들을 회전시켜 파이는 형태를 만든다. Fig. 3b를 중심으로 자연스럽게 뾰족하게 파인 형태를 만들기 위해선 노말 벡터들이 Fig. 3b를 향해 회전되어야 하며, 거리에 따라 회전되는 강도가 반비례해야 한다. 따라서 노말 벡터들이 Fig. 3b 방향으로 회전하기 위해 (Fig. 3d - Fig. 3c) 벡터를 이용하고 Fig. 3b와 거리가 가까울수록 z=0방향으로 회전된다. 즉, 멀수록 기중치가 작아 현재 점의 노말 벡터가 덜 회전되고, 가까울수록 기중치를 커 노말 벡터가 많이 회전된다. 주름을 생성하는 계산벡터 c^v 식은 다음과 같다 (수식 1 참조).

$$C^V = N * d_m + (M_{xyz} - N_{xyz}) * (1 - d_m) \quad (1)$$

여기서 N은 현재 점 위치의 노말 벡터 값, d_m 은 중심점과 현재 점과의 거리, M_{xyz} 은 중심점 위치의 (x, y, z) 벡터 값, N_{xyz} 은 현재 점 위치의 (x, y, z) 벡터 값이다. 결과, 사용자가 노말 맵에 주름을 그리면 Fig. 4와 같이 자연스럽게 가운데 라인 기준으로 파인 형태를 볼 수 있다.

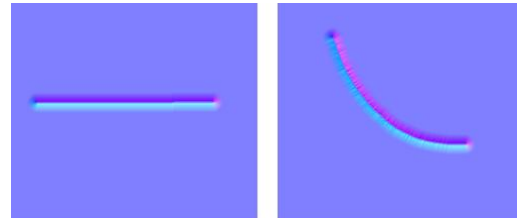


Fig. 4. The shape of wrinkles along the distance

하지만 Fig. 5a 실제 주름 단면을 보면 파인 것뿐만이 아닌 볼록하게 파인 것을 확인할 수 있다. 해당 특징을 살리기 위해 비슷한 그래프 형태를 찾아 거릿값과 그래프 식을 이용해 주름의 형태를 볼록하게 변형시킨다.

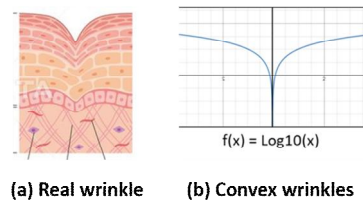


Fig. 5. Wrinkles Form

Fig. 5b의 값을 적용한 결과 Fig. 6과 같이 주름의 가운데는 저하고 바깥으로 갈수록 그래프와 같은 그래데이션이 나타난 것을 볼 수 있다.

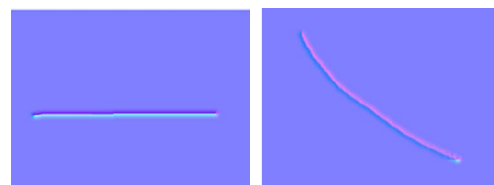


Fig. 6. Convex wrinkle application result

3. Wrinkle deformation

Fig. 2의 표면의 주름 끝을 보면 실제 주름은 Fig. 6이 아닌 양 끝이 얇게 생성되기 시작해서 가운데 주름은 넓은 형태를 확인할 수 있다. 다음은 주름을 뾰족하게 만들기 위해 추가로 설정한 값이다.

Fig. 7e 분홍색 점은 계산 범위의 양 끝점, 하늘색 선 Fig. 7f는 뾰족하게 만들기 위해 주름을 반으로 나눈 기준선이다. 주름을 뾰족하게 만들기 위해 영역을 반으로 나누고 각각의 영역 내에서 분홍색 점을 이용해, 최종적으로 마름모와 같이 양쪽이 뾰족하고 가운데는 넓은 형태를 만든다. 양쪽을 뾰족하게 만들기 위해 수식 1의 계산

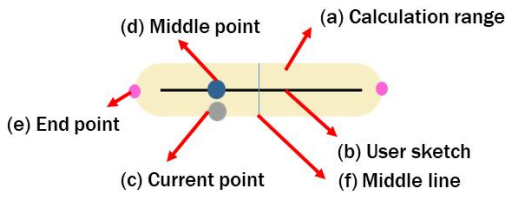


Fig. 7. Sharp wrinkle calculation area

식 중 $(M_{xyz} - N_{xyz})$ 벡터를 변경해 주름의 형태를 변형한다. 해당 식은 현재 점 위치에서 $z=0$ 인 벡터로 생성되고 노말 벡터와 곱해서 계산벡터를 만들기 위해 사용됐다. 주름을 뾰족하게 만들어 주기 위해 해당 식을 Fig. 7e와 Fig. 7c의 거리를 이용해 변화를 준다. 식은 다음과 같다. (수식 2 참조).

$$((M_{xyz}-N_{xyz})*d_p+(0,0,1)*(1-d_p))(2)$$

여기서 d_p 는 Fig. 7e와 Fig. 7c와의 거리이다. $(0,0,1)$ 벡터를 이용해 Fig. 7e와의 거리에 따라 $(M_{xyz} - N_{xyz})$ 벡터에 d_p 만큼 가중치를 주어 Fig. 7e와 가까울수록 $(0,0,1)$ 벡터에 비슷하게, 멀어질수록 $z=0$ 인 $(M_{xyz} - N_{xyz})$ 벡터와 비슷하게 계산된다. 해당 가중치를 적용한 상태로 계산 벡터의 식을 다시 세우면 다음과 같다. (수식 3 참고)

$$C^V = N * d_m + ((M_{xyz}-N_{xyz})*d_p+(0,0,1)*(1-d_p))*(1-d_m) \quad (3)$$

결과적으로 Fig. 7e와 거리가 가까우면 노말 벡터가 기존 노말 벡터와 비슷한 형태를 가지게 되고, 멀어질수록 $z=0$ 인 벡터에 영향을 많이 받아 $z=0$ 에 가까운 벡터가 된다. 결과, 사용자가 노말 맵에 주름을 그리면 Fig. 8과 같이 안쪽으로 파이 되 양 끝이 뾰족한 주름 형태가 만들어진 것을 볼 수 있다.



Fig. 8. Pointed at both ends wrinkle

4. Skin texture

가상현실 내 더 자연스러운 주름을 구현하기 위해 skin texture에 그림자를 구현해 3D 모델에 적용했을 때 자연스러운 결과가 나오도록 한다. 다음은 기존 이미지와 그림자를 더해 만든 변형 이미지이다.

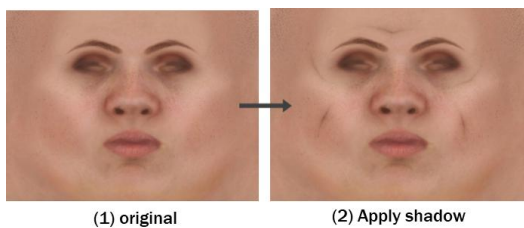


Fig. 9. Skin texture

주름의 그림자 색상은 해당 피부의 질은 부분에서 가져왔으며 그려질 때 주름의 형태를 생성하는 방법을 이용해 주름의 형태와 맞게 그려진다. 그 결과 중심은 진하고 가에 갈수록 연하게 나타나며 형태에 맞는 그림자가 생성된다. 또한, 인터페이스를 통해 주름의 색상 강도를 사용자가 직접 조절이 가능해, 강조하고 싶은 주름이 있다면 수동으로 조절할 수 있다.

5. Wrinkle magnitude

실제 주름이 얼굴 부위나 크기에 따라 강도가 다르게 나타나는 것을 고려해 사용자가 주름의 강도를 변경할 수 있게 한다. 주름의 강도는 현재 점의 노말 벡터의 가중치를 조절해 변경한다. 주름을 계산할 때 현재 점의 노말 벡터 값의 가중치가 크다면 기존과 크게 변경되지 않고, 반대로 가중치가 약하다면 벡터의 변화가 크다. 이점을 이용해 가중치를 조절해 주름의 강도를 조절할 수 있다. 주름을 진하게, 약하게 만들어 결과를 내면 Fig. 10과 같다.

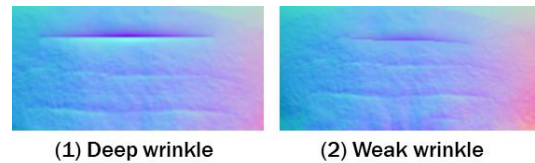


Fig. 10. Wrinkles according to intensity

6. Controlling shape of wrinkle

앞서 말한 것과 마찬가지로 주름이 어디에 생성되는지, 나이에 따라 주름의 형태도 다르게 나타난다.

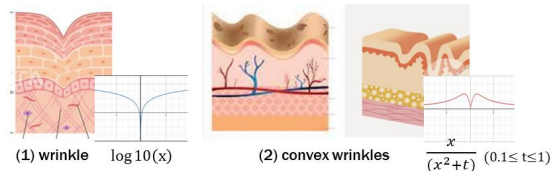


Fig. 11. Form of Wrinkles

Fig. 11(1)은 일반적으로 나타나는 주름의 형태로 사람의 피부가 팽팽하다면 보통 Fig. 11(1)의 형태로 형성된다. 하지만, 나이에 의해 살이 처지거나, 해당 부위에 살이 많은 경우 Fig. 11(2)와 같이 볼록한 형태를 가진다. 각 그래프는 주름의 형태를 나타내기 위해 사용하는 식과 그래프이다. Fig. 11(1)은 Fig. 5에서 나온 것처럼 현재 적용된 식이지만 Fig. 11(1)의 식만으로는 살이 많은 부위의 주름을 구현하기 어렵다. 그래서 Fig. 11(2)와 같이 살이 많은 부위나 처지는 부위에 적용할 식과 그래프를 따로 만들어 적용한다. Fig. 11(2)번 식을 적용 결과, Fig. 12와 같이 주름이 파였다가 나오는 부분에서 변화 양상이 다른 것을 확인할 수 있다.

이때, 주름의 볼록함은 일정하지 않고 나이나 위치에 따라 변화하기에, Fig. 12(2)의 t값은 나이 및 위치에 따라 볼록함이 자동 변경되어 적용되며 t의 값이 작을수록 볼록한 형태가 나타나며, 클수록 평평한 모습이 나타난다.



Fig. 12. Shape modeling test of wrinkles

7. Fine wrinkles

사람 피부에는 진한 주름이 생기면 그 주변에 연하게 생성되는 잔주름이 있다. 특히 많이 접하는 눈가, 입가, 이마 부분에 많이 생성되는데 이러한 주름의 특징을 살리기 위해 잔주름을 생성한다. 잔주름은 진한 주름이 생김으로 인해 해당 주름과 비슷한 경로 주름이 생성되는데, 이 특징을 살리기 위해 짙은 주름 일부를 가져와 생성한다. 짙은 주름의 부위 중 무작위로 주름 일부분을 복사해 계산 범위 중 랜덤한 위치에 생성해 적용해준다. 적용하면 Fig. 13과 같이 짙은 주름과 같이 비슷한 짧은 길이의 얇은 주름이 적용된다. 해당 잔주름의 경우, 나이에 따라 최소 0개에서 7 사이로 지정된다.

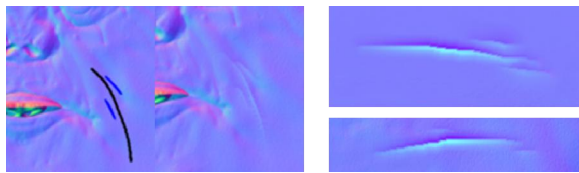


Fig. 13. fine wrinkles

8. Localization

얼굴 부위마다 주름이 생겨나는 특성이 달라 앞서 제작한 잔주름, 주름의 볼록한 형태는 모든 얼굴 주름에 적용하기엔 알맞지 않다. 잔주름은 눈, 입, 이마에 나타나야 하며 주름의 볼록한 형태는 볼 부분에 적용해야 주름의 특징을 살려 제작되었다고 할 수 있다.

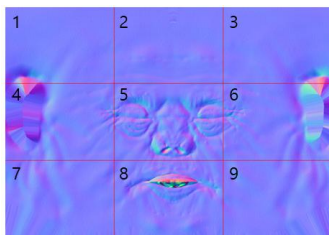


Fig. 14. Split 9 faces

주름이 어디에 그려졌는지 알기 위해 Fig. 14와 같이 9개 분할로 영역을 나누어 주름의 위치를 파악한다. 해당 영역 중 잔주름은 2,4,6,7,9에 주름의 볼록한 형태는 7,9에 적용한다. 주름의 위치의 경우 주름의 가운데 위치를 이용하여 판별하였다.

9. Results

Fig. 15 (a) ~ (d)는 실제 인터페이스 활용 과정을 나타내는 그림이며 (e), (f)는 다른 결과 예시와 사람의 얼굴뿐만 아니라 다른 분야로도 사용 가능하다는 것을 보여주기 위해 넣은 결과이다.

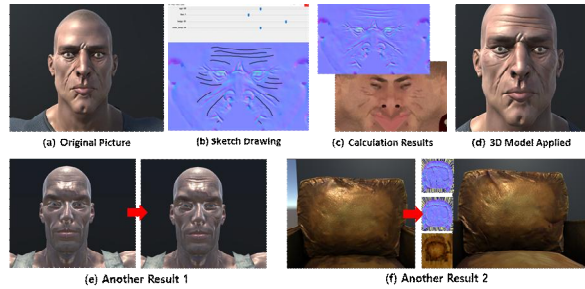


Fig. 15. Overall process and end result

III. Conclusions

본 논문에서는 사용자의 간단한 스케치를 입력받아 자동으로 스케치를 분석해 피부 패턴에 맞는 자연스러운 주름을 생성하는 인터페이스를 구현하였다. 이를 통해 전문가가 아닌 누구라도 원하는 곳에 간단한 스케치만 하면 실제 주름과 같은 주름이 생성할 수 있다. 또한, 해당 기술은 얼굴뿐만이 아닌 사물, 옷감, 캐릭터 등 다양한 물체에 활용할 수 있기에 다양한 분야에서도 널리 활용될 수 있다.

REFERENCES

[1] Kim, Hyeon-Joong, A. Cengiz Oeztireli, Il-Kyu Shin, Markus Gross, and Soo-Mi Choi. "Interactive generation of realistic facial wrinkles from sketchy drawings." In Computer Graphics Forum, vol. 34, no. 2, pp. 179-191. 2015.