

애니메이션 캐릭터 얼굴의 3차원 회전정보 측정

장석우*, 원선희**, 최형일**

Estimation of 3D Rotation Information of Animation Character Face

Seok-Woo Jang*, Sun-Hee Weon**, Hyung-Il Choi**

요약

최근 들어 문화산업이 발전함에 따라 애니메이션 콘텐츠가 급속히 보급되고 있다. 본 논문에서는 사람의 얼굴 영상 대신 2차원의 애니메이션 캐릭터 영상을 효과적으로 분석하여 캐릭터의 얼굴을 추출한 후, 3차원적인 얼굴의 회전정보를 측정하고, 이를 3차원 얼굴 모델로 표현하는 방법을 제안한다. 제안된 시스템은 처음으로 입력되는 애니메이션 캐릭터 얼굴을 받아들여 얼굴과 얼굴의 주요 구성요소들의 주요 색상을 학습하고, 이를 주색상 모델로 생성한다. 그런 다음, 생성된 주색상 모델을 이용하여 새롭게 입력되는 애니메이션 캐릭터의 얼굴 영역과 눈 영역을 추출한 후, 추출된 영역으로부터 기준 좌표계와 대상 좌표계를 설정한다. 그리고 이 두 좌표계의 기하학적인 관계를 이용하여 애니메이션 캐릭터 얼굴이 3차원적으로 회전한 정보를 추출한다. 마지막으로, 추출된 3차원 회전정보를 시각적으로 용이하게 확인하기 위해서 3차원의 얼굴 모델에 회전정보를 반영하여 화면에 표현한다. 본 논문의 실험에서는 제안된 애니메이션 캐릭터 얼굴의 3차원 회전 정보 추출 방법의 성능을 평가하기 위한 실험결과를 보인다.

▶ Keyword : 회전정보, 애니메이션 캐릭터, 얼굴 추출, 3차원 모델

Abstract

Recently, animation contents has become extensively available along with the development of cultural industry. In this paper, we propose a method to analyze a face of animation character and extract 3D rotational information of the face. The suggested method first generates a dominant color model of a face by learning the face image of animation character. Our system then detects the face and its components with the model, and

• 제1저자 : 장석우 • 교신저자 : 최형일
• 투고일 : 2011. 04. 19, 심사일 : 2011. 05. 06, 게재확정일 : 2011. 05. 11.
* 안양대학교 디지털미디어학과(Dept. of Digital Media, Anyang University)
* 송실대학교 글로벌미디어학부(School of Global Media, Soongsil University)

establishes two coordinate systems: base coordinate system and target coordinate system. Our system estimates three dimensional rotational information of the animation character face using the geometric relationship of the two coordinate systems. Finally, in order to visually represent the extracted 3D information, a 3D face model in which the rotation information is reflected is displayed. In experiments, we show that our method can extract 3D rotation information of a character face reasonably.

▶ Keyword : Rotation Information, Animation Character, Face Extraction, 3D Model

I. 서론

애니메이션 산업이 발전하면서 등장하는 캐릭터들을 대상으로 다양한 콘텐츠와 문화산업이 연계되어 급속한 발전이 진행되고 있다. 이런 문화적인 변화는 주로 어린이들에게 국한되어 있던 기존의 캐릭터 산업을 성인 연령층에까지 대상을 넓히게 하였고, 이에 따라 애니메이션 안의 캐릭터들은 점점 더 지능화된 캐릭터 콘텐츠를 생성해 내고 있다. 따라서 일반적으로 캐릭터를 디자인할 때 애니메이터들은 이러한 캐릭터의 다양한 측면을 고려하여 캐릭터의 형태를 생산한다[1].

애니메이션 캐릭터를 가장 잘 표현하는 부분 중의 하나는 캐릭터의 얼굴로서, 최근 들어 캐릭터의 표정이나 감정 등을 인식하기 위한 자동화된 얼굴 분석에 대한 연구의 필요성이 점점 더 증가하고 있다. 현재까지 애니메이션 캐릭터의 얼굴을 분석하는 기존의 연구는 찾아보기 어렵고, 2차원적인 사람의 얼굴 영상을 받아들여 얼굴영역을 추출하고 이를 다양한 측면에서 분석하는 기존의 방법들은 관련 문헌에 소개되어 있다.

[2]에서는 얼굴 피부색이 가진 RGB 칼라값의 범위를 정하고, 이 범위 내의 칼라값을 갖는 화소를 얼굴영역에 속한다고 판단하고, 얼굴 및 얼굴의 구성요소를 검출하는 방법을 제안하였다. [3]에서는 평행 스테레오 영상을 사용하고, 얼굴의 특징점을 수작업으로 선택하여 얼굴의 회전 및 이동 정보를 추출하고, 이를 이용하여 3차원 얼굴 메쉬 모델을 변형하는 방법을 제안하였다. [4]에서는 얼굴 영상을 분석하고, 사각 특징점(rectangle feature)과 AdaBoost 방법을 분류기로 사용하여 무표정을 포함하여 총 7개의 감정을 구분하였다. 그리고 상대적으로 다른 방법에 비해 빠른 처리 속도를 가지고 있다. [5]에서는 2 장의 2차원 얼굴 영상을 입력받아 얼굴과 구성요소를 검출하고, 검출된 얼굴 구성요소의 두드러진 부분을 특징점으로 추출한다. 그런 다음, 특징점에 맞게 3차원의 표준 얼굴모델을 변형시킴으로써 2차원의 얼굴 영상을 최적으로 반영하는 3D 얼굴 모델을 생성하였다. 그리고 이 외에

도 다른 방법들이 다수 존재한다[6,7].

이런 기존의 얼굴영역이나 특징을 추출하는 많은 방법들은 대부분 사람을 대상으로 하였으며, 이 방법들을 캐릭터에 그대로 적용하여 연구하기에는 많은 무리가 있다. 예를 들어, 사람의 얼굴 영역을 검출하고, 그 위치를 찾기 위한 방법으로 피부색상 모델을 이용하는 방법이 가장 많이 연구된다. 그러나 애니메이션 캐릭터는 사람의 얼굴과 달리 모든 캐릭터가 어떠한 범위 내에서 공통적으로 색상분포를 가지지 못하므로, 애니메이션 캐릭터 얼굴을 표현하는 공통의 피부영역 모델을 정의할 수 있는 일정한 범위를 추출하기 어렵다. 그리고 애니메이션의 특성상 한 영역 내에서는 대부분 동일한 색으로 표현되기 때문에 얼굴도 마찬가지로 얼굴 구성요소를 제외한 나머지 영역은 모두 얼굴로서 한 가지 색상으로 표현된다. 따라서 각 애니메이션 캐릭터마다 얼굴의 고유한 색상 정보를 활용한 얼굴 영역 추출 방법이 필요하다.

본 논문에서는 사람의 얼굴 영상 대신 2차원의 애니메이션 캐릭터 영상을 효과적으로 분석하여 캐릭터 얼굴을 추출한 후 3차원적인 얼굴의 회전정보를 측정하고, 이를 3차원 얼굴 모델로 표현하는 방법을 제안한다. 그림 1은 본 논문에서 제안된 애니메이션 캐릭터 얼굴의 회전정보 추출 알고리즘의 전체적인 개요도를 보여준다.

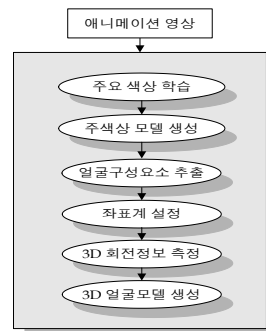


그림 1. 전체 개요도

Fig. 1. Overall Flow

그림 1에서와 같이 제안된 시스템은 먼저 처음으로 입력되는 애니메이션 캐릭터 얼굴을 받아들여 얼굴과 얼굴의 주요

구성요소들의 주요 색상을 학습하고, 이를 주색상 모델로 생성한다. 그런 다음, 생성된 주색상 모델을 이용하여 새롭게 입력되는 애니메이션 캐릭터의 얼굴 영역과 눈 영역을 추출한 후, 추출된 영역으로부터 기준 좌표계와 대상 좌표계를 설정한다. 그리고 이 두 좌표계의 기하학적인 관계를 이용하여 애니메이션 캐릭터 얼굴이 x축, y축, z축 방향으로 3차원적으로 회전한 정보를 추출한다. 마지막으로, 추출된 3차원 회전 정보를 시각적 (a) 입력영상 확인하기 위해서 3차원의 얼굴 모델에 회전정보를 반영하여 화면에 표현한다.

1장에서는 전체적인 연구의 동기 및 배경, 그리고 개요를 기술하였다. 2장에서는 얼굴과 얼굴의 구성요소인 눈을 주요 색상을 이용하여 검출하는 방법에 대해 기술한다. 4장에서는 추출된 얼굴과 눈 영역으로부터 획득하는 기준 좌표계와 대상 좌표계를 이용하여 3차원의 얼굴 회전정보를 추출하는 방법에 대해 기술한다. 그리고 4장에서는 본 논문에서 제안한 방법의 성능을 비교 평가하기 위해 수행한 실험결과를 보이며, 5장에서는 결론 및 향후 연구방향을 제시한다.

II. 얼굴과 구성요소 추출

애니메이션은 기본적으로 사람이 직접 그린 창작물이다. 따라서 그린 사람에 따라서 각기 다른 모양의 주인공이 나오지만 기본적인 구도는 전체적으로 유사한 형식을 따른다. 이런 애니메이션의 특징은 그림 2와 같이 캐릭터의 얼굴에서 눈의 위치는 얼굴 상하를 기준으로 중앙에 위치한다[8,9]. 그리고 캐릭터 고유의 눈동자 색이 있으며, 머리카락 색과 피부색도 각각 고유의 색이 유지된다. 또한, 얼굴의 윤곽선이 확실하다. 따라서 캐릭터의 얼굴을 검출하는데 이런 특징을 사용할 수 있다.



그림 2. 애니메이션 캐릭터의 눈의 위치
Fig. 2. Positions of Eyes of Animation Characters

본 논문에서는 얼굴이 원형체라고 가정하고, 애니메이션 캐릭터로부터 3가지 영역, 즉 머리카락 영역, 눈 영역, 그리

고 입, 코 등 얼굴 구성요소를 제외한 나머지 얼굴 영역을 추출한다. 본 논문에서는 각 영역을 추출하기 전에 먼저 수동으로 그림 3과 같이 각 영역의 색상을 학습한다. 즉, 해당되는 영역에서 사각형을 그리고, 그려진 사각형 안에 포함된 RGB 칼라값을 추출한다. 그런 다음, 추출된 색상 중에서 분포가 많은 색상을 해당 영역의 주 색상으로 정의한다.

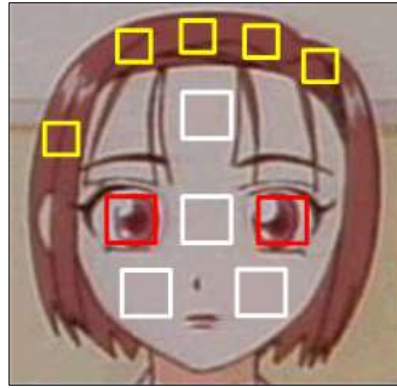


그림 3. 얼굴의 색상 학습
Fig. 3. Learning Color of Face

식 (1)은 얼굴과 얼굴의 구성요소를 추출하기 위해 본 논문에서 사용하는 주색상 모델(DCM: dominant color model)을 보여준다. 식 (1)에서와 같이 DCM은 세 가지 색상 벡터값을 가진다. C_{hair} 는 머리카락에 대한 주요 색상값들을 나타내고, C_{eye} 는 눈 영역에 대한 주요 색상 값들을 나타내며, C_{face} 는 얼굴의 구성요소를 제외한 나머지 얼굴 영역에 대한 주요 색상 값들을 나타낸다. 제안된 방법에서는 각 영역별로 색상을 클러스터링한 후 가장 분포가 높은 색상 값을 사용한다. 식 (1)에서 i, j, k 값은 각 영역의 주요 색상의 개수를 의미하며, 보통 5가지 이하의 색상을 사용한다. 그리고 식 (1)에서 h, e, f 는 머리카락, 눈, 얼굴 영역에 대한 R, G, B 값을 서로 구별하기 위해 사용한 인덱스이다.

$$DCM = \{C_{hair}, C_{eye}, C_{face}\} \dots\dots\dots (1)$$

$$C_{hair} = \{(R_1^h, G_1^h, B_1^h), (R_2^h, G_2^h, B_2^h), \dots, (R_i^h, G_i^h, B_i^h)\}$$

$$C_{eye} = \{(R_1^e, G_1^e, B_1^e), (R_2^e, G_2^e, B_2^e), \dots, (R_j^e, G_j^e, B_j^e)\}$$

$$C_{face} = \{(R_1^f, G_1^f, B_1^f), (R_2^f, G_2^f, B_2^f), \dots, (R_k^f, G_k^f, B_k^f)\}$$

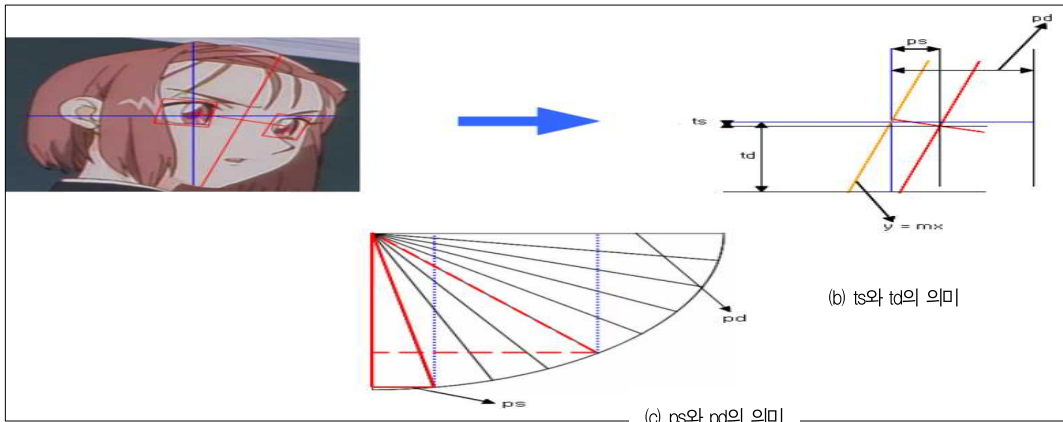


그림 5. 회전정보 추출 과정
Fig. 5. Process of Extracting Rotation Information

머리카락, 눈, 구성요소를 제외한 얼굴영역에 대한 주 색상 모델이 정의되면, 이 모델을 이용하여 입력된 애니메이션 캐릭터로부터 머리카락, 눈, 얼굴 영역을 검출할 수 있다. 그림 4는 학습을 수행하여 애니메이션 캐릭터의 초기 얼굴 영역으로부터 주요 색상을 추출한 예를 보여준다. 그림 4 (a)는 얼굴 영역에 대한 주색상을 나타내고, (b)는 머리카락 영역에 대한 주색상을 나타내며, (c)는 눈 영역에 대한 주색상을 나타낸다.

이와 같이 입력된 애니메이션 캐릭터로부터 머리카락, 눈, 얼굴 영역을 추출한 후에는 세 영역 전체를 최소한으로 포함하는 원형체를 정의하고, 이 원형체의 중심 좌표를 계산한다. 그런 다음, 눈 영역에 대한 최소 포함 사각형을 찾고, 눈 영역 최소 포함 사각형의 중심점을 계산한다. 여기에서 계산한 원형체와 눈 영역에 해당하는 사각형 정보는 3차원 얼굴 회전정보를 추출하는 단계의 입력으로 사용될 것이다.

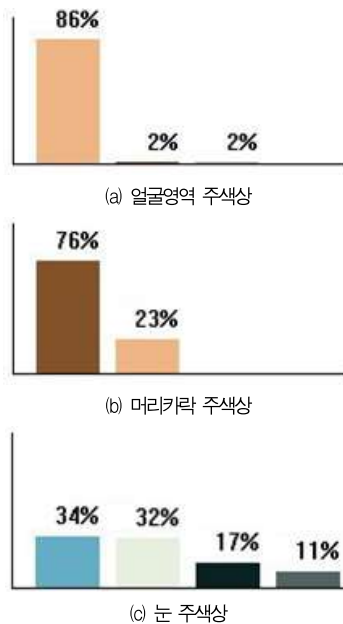


그림 4. 주색상 추출의 예
Fig. 4. Examples of Extracting Dominant Colors

III. 3차원 회전정보 추출

본 논문에서는 애니메이션 캐릭터 얼굴의 3차원의 회전정보를 추출하기 위해서 얼굴이 원형체라고 가정하고, 눈을 기준으로 얼굴의 상하좌우 및 기울어진 정도를 측정한다. 이를 위해 본 논문에서는 먼저 2개의 좌표계를 설정한다. 첫째, 이전 단계에서 추출한 애니메이션 캐릭터의 얼굴 영역을 포함하는 최소 포함 사각형의 중심을 기준으로 가로 및 세로 방향으로 서로 직교하는 직선을 그리고, 이를 회전정보 추출을 위한 기준 좌표계로 설정한다. 둘째, 애니메이션 캐릭터의 두 눈의 중심을 연결하는 직선과 이 직선을 수직 이등분하는 직선을 그리고, 이를 3차원 회전정보 추출의 대상 좌표계로 설정한다. 이와 같이 설정한 2개의 좌표계를 이용하여 얼굴의 3차원적인 회전정보를 측정한다. 그림 5의 입력 영상에서 영상의 중앙 부분에 있는 좌표계가 기준 좌표계이며, 기준 좌표계를 기준으로 오른쪽으로 기울어진 좌표계가 대상 좌표계이다.

제한된 방법에서는 기준좌표계를 기준으로 대상좌표계가 좌우로 이동한 정도로 얼굴의 좌우회전 정도를 측정하며,

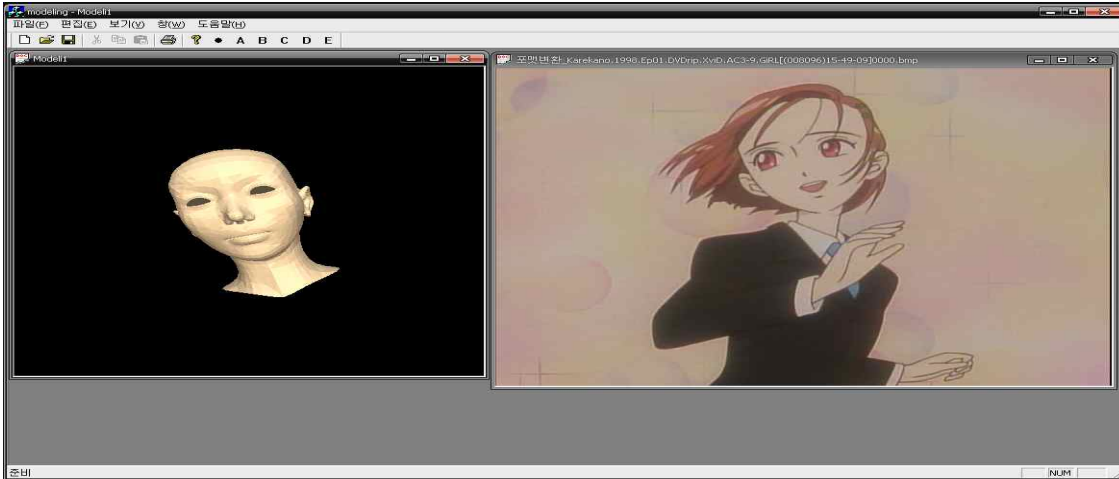


그림 6. 회전정보 추출 결과 (1)
 Fig. 6. Results of Extracting Rotation Information (1)

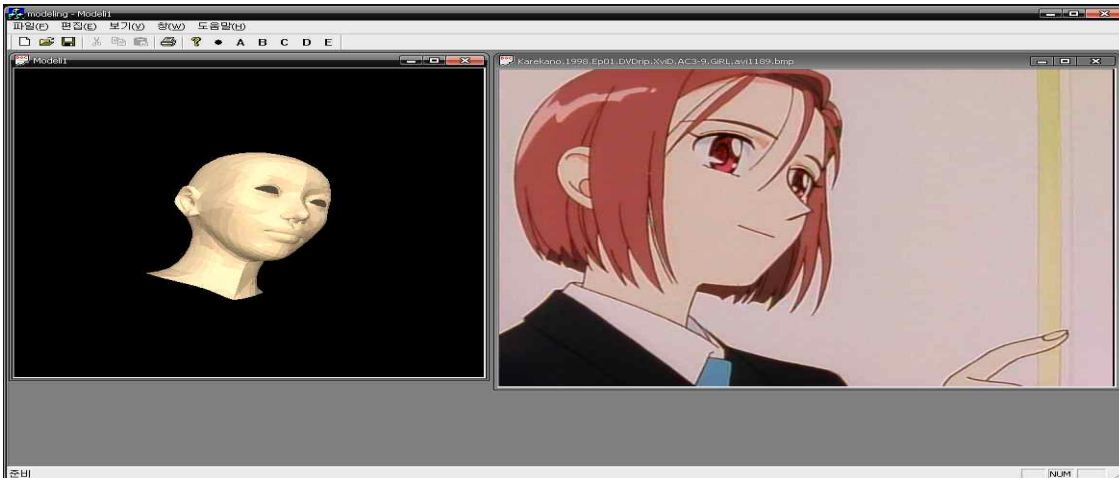


그림 7. 회전정보 추출 결과 (2)
 Fig. 7. Results of Extracting Rotation Information (2)

상하로 이동한 정도를 이용하여 얼굴의 상하회전 정도를 측정한다. 그리고 대상 좌표계의 세로축이 기울어져 있는 정도로 얼굴의 기울어진 정도를 측정한다. 식 (2), (3), (4)는 얼굴의 회전정보를 추출하는 식을 나타낸다. 식 (2), (3), (4)에서 S(swing)는 z축을 기준으로 얼굴이 회전한 정도를 나타내고, P(panning)는 y축을 기준으로 얼굴이 좌우로 회전한 정도를 나타내며, T(tilting)는 x축을 기준으로 얼굴이 상하로 회전한 정도를 나타내는 변수로 사용된다.

$$S = -\tan^{-1}m \dots\dots\dots (2)$$

$$P = -\tan^{-1} \frac{ps}{\sqrt{pd^2 - ps^2}} \dots\dots\dots (3)$$

$$T = -\tan^{-1} \frac{ts}{\sqrt{td^2 - ts^2}} \dots\dots\dots (4)$$

식 (3)에서 pd 는 얼굴에 해당하는 원형체의 가로축 반지름이며, ps 는 얼굴이 기준 좌표계의 중심에서부터 대상 좌표계까지 x축으로 이동한 거리이다. 따라서 피타고라스의 정의를 이용하여 P 를 구한다. 식 (4)에서 ts 는 얼굴이 기준 좌표계의 중심에서부터 대상 좌표계까지 y축으로 이동한 거리이며,

td 는 원형체의 세로축 반지름이다. 마찬가지로 피타고라스의 정의를 이용하여 T 를 구한다. 마지막으로 m 은 대상 좌표계의 중심을 기준 좌표계의 중심으로 평행 이동하였을 때의 직선의 기울기이며, 이 기울기 m 에 \arctan 을 적용하고 각도로 변환하여 S 를 구한다.

IV. 실험결과

본 논문의 실험을 위하여 사용한 컴퓨터는 인텔 Pentium-4의 3.0GHz CPU와 1GB의 메모리를 사용하였고, 운영체제로는 마이크로소프트사의 Windows XP Professional을 사용하였다. 그리고 소프트웨어 구현을 위한 컴파일러로는 마이크로소프트사의 Visual Studio C++ 6.0의 MFC와 영상처리 오픈 라이브러리인 OpenCV 1.1을 사용하였다. 그리고 애니메이션 캐릭터의 3차원 회전정보를 시각적으로 표현해 주기 위한 3차원 모델링을 위해서는 Autodesk 3ds Max 9.0과 OpenGL 1.1 버전을 사용하였다. 또한, 입력으로 사용된 실험영상으로는 해상도가 640×480이고, 초당 프레임 수가 23.976이며, 편당 24분짜리 애니메이션 영상 3편을 사용하였다.

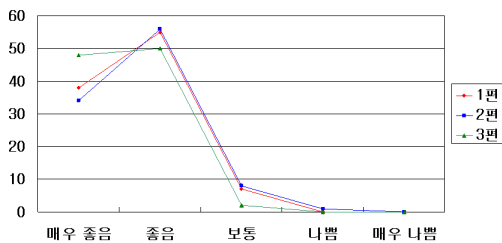


그림 8. 성능 평가
Fig. 8. Performance Comparison

그림 6과 그림 7은 제안된 방법으로 측정된 회전정보를 시각적으로 보여주고 있다. 각각의 그림에서 우측의 윈도우는 입력된 애니메이션의 캐릭터 영상을 보여준다. 그리고 좌측의 윈도우는 애니메이션 캐릭터 얼굴영상으로부터 3차원의 얼굴 회전정보를 추출한 후, 추출된 회전정보를 바탕으로 3차원의 얼굴 모델을 회전시킴으로써 추출된 회전정보가 이해되기 쉽게 표현되고 있다.

본 논문에서는 2차원인 애니메이션 캐릭터 얼굴의 기하학적인 정보를 효과적으로 분석하여 3차원상의 회전 정도를 측정하였다. 애니메이션 캐릭터 얼굴로부터 측정된 3차원의 회전정보가 정확한지를 정량적으로 검증하기가 현실적으로 어렵기 때문에 판정인 50인을 임의로 선정하여 회전정보 측정의 결과를 매우 좋음, 좋음, 보통, 나쁨, 매우 나쁨의 다섯 단

계로 구분하여 정성적으로 정확도를 평가하였다.

그림 8은 제안된 회전정보 측정 방법의 성능평가 결과를 그래프로 보여준다. 그림 8은 판정인들에게 3차원 회전정보 측정 결과를 애니메이션 1편에서 3편까지 장면이 변화한 프레임을 기준으로 100장씩 보여주고 판정을 내린 결과이다. 그림 8에서 확인할 수 있듯이 판정인들 대부분 제안된 방법으로 측정된 애니메이션 캐릭터 얼굴의 3차원 회전정보의 정확도가 높다고 판정하였다.

V. 결론 및 향후연구

애니메이션 산업이 발전하면서 등장하는 캐릭터들을 대상으로 다양한 콘텐츠와 문화산업이 연계되어 급속한 발전이 진행되고 있다. 애니메이션 캐릭터를 가장 잘 표현하는 부분 중의 하나는 캐릭터의 얼굴로서, 캐릭터의 표정이나 감정 등을 인식하기 위한 자동화된 얼굴 분석에 대한 연구의 필요성이 최근 들어 점점 더 증가하고 있다.

본 논문에서는 사람의 얼굴 영상 대신 2차원의 애니메이션 캐릭터 영상을 효과적으로 분석하여 캐릭터 얼굴을 추출한 후 3차원적인 얼굴의 회전정보를 측정하고, 이를 3차원 얼굴 모델로 표현하는 방법을 제안하였다. 제안된 시스템은 처음으로 입력되는 애니메이션 캐릭터 얼굴을 받아들여 얼굴과 얼굴의 주요 구성요소들의 주요 색상을 학습하고, 이를 주색상 모델로 생성한다. 그런 다음, 생성된 주색상 모델을 이용하여 새롭게 입력되는 애니메이션 캐릭터의 얼굴 영역과 눈 영역을 추출한 후, 추출된 영역으로부터 기준 좌표계와 대상 좌표계를 설정한다. 그리고 이 두 좌표계의 기하학적인 관계를 이용하여 애니메이션 캐릭터 얼굴이 3차원적으로 회전한 정보를 추출한다. 마지막으로, 추출된 3차원 회전정보를 시각적으로 용이하게 확인하기 위해서 3차원의 얼굴 모델에 회전정보를 반영하여 화면에 표현한다.

향후 연구로는 애니메이션 캐릭터 얼굴의 3차원 회전정보 추출의 정확도를 한층 개선할 수 있는 방안을 강구하고, 이를 보다 효과적으로 화면에 표현하기 위한 실감형 3차원 얼굴 모델을 생성할 계획이다. 또한, 애니메이션 캐릭터 얼굴의 표정을 인식할 수 있는 방법도 연구할 예정이다.

참고문헌

- [1] J.-H. Kim, "A Study on the Key Elements for Facial Expression in Animation Character," In Proceedings of the

Spring Conference of the Korea Institute of Design, pp. 268-269, 2006.

[2] T. C. Chang, T. S. Huang, and C. Novak, "Facial Feature Extraction from Color Images," In Proceedings of the IEEE International Conference on Pattern Recognition, Vol. 2, pp. 39-43, 1994.

[3] S. Mallick and M. Trivedi, "Parametric Face Modeling and Affect Synthesis," In Proceedings of the International Conference on Multimedia and Expo, Vol. 1, pp. 225-228, July 2003.

[4] Y. Wang, H. Ai, B. Wu, and C. Huang, "Real Time Facial Expression Recognition with Adaboost," In Proceedings of the IEEE International Conference on Pattern Recognition, Vol. 3, pp. 926-929, 2004.

[5] A.-N. Ansari and M. Abdel-Mottaleb, "Automatic Facial Feature Extraction and 3D Face Modeling Using Two Orthogonal Views with Application to 3D Face Recognition," Pattern Recognition, Vol. 38, No. 12, pp. 2549-2563, 2005.

[6] S. Karunaratne and H. Yan, "Modelling and Combining Emotions, Visual Speech and Gestures in Virtual Head Models," Pattern Recognition, Vol. 21, No. 5, pp. 429-449, 2006.

[7] X. Zhang and Y. Gao, "Face Recognition Across Pose," Pattern Recognition, Vol. 42, No. 11, pp. 2876-2896, November 2009.

[8] O. Jang, "Caricature Techniques - from the Beginners to the Experts," B&B Press, pp. 144-150, March 2001.

[9] B. Geneng, "Animation," Ewha Womans University Press, April 2007.



원 선희
 2007년 2월 : 숭실대학교 컴퓨터학과 (공학석사)
 2008년 3월 - 현재 : 숭실대학교 글로벌 미디어학부 박사과정
 관심분야 : 영상처리, 형태인식, 컴퓨터 비전 등
 Email: nifty12@ssu.ac.kr



최 형 일
 1987년 6월 : 미시간대학교 전자공학과 (공학박사)
 1987년 9월 - 현재 : 숭실대학교 글로벌미디어학부 교수
 관심분야 : 컴퓨터 비전, 형태인식, 퍼지이론, 비디오 검색, 인터페이스 에이전트 등
 Email: hic@ssu.ac.kr

저 자 소 개



장 석 우
 2000년 8월 : 숭실대학교대학원 컴퓨터학과 (공학박사)
 2009년 3월 - 현재 : 안양대학교 디지털 미디어학과 교수
 관심분야 : 로봇비전, 증강현실, HCI, 비디오 색인 및 검색, 이러닝 등
 Email: swjang@anyang.ac.kr