

2D 실사 영상에 기반한 다중 가상 헤어스타일 생성 방법

이형진*, 곽노윤**

*천안대학교 정보기술대학원

**천안대학교 정보통신학부

e-mail:{lilae, nykwak}@cheonan.ac.kr

A Method for Generating Multiple Virtual Hairstyles Based on 2D Photo-realistic Images

Hyoung-Jin Lee*, No-Yoon Kwak**

*Graduate School of Information Technology,
Cheonan University

**Division of Information and Communication Engineering,
Cheonan University

요 약

본 논문에서는 2D 실사 영상에서 추출한 헤어스타일을 임의의 인물 영상의 두상에 정렬시킨 상태에서 원래의 헤어스타일에서 추출한 헤어스타일로 변해가는 반자동 필드 모핑을 수행함으로써 여러 유형의 헤어스타일을 자동으로 생성할 수 있는 가상 헤어스타일 생성 방법에 관한 것이다. 제안된 방법은 사전에 준비된 그래픽 객체 외에도 실사 영상에서 직접 추출한 헤어스타일을 사용할 수 있고, 추출한 헤어스타일 외에도 다양한 유형의 헤어스타일을 자동으로 생성할 수 있는 이점이 있다. 또한, 반자동 필드 모핑에 기반한 편리한 사용자 인터페이스를 제공할 수 있기 때문에 작업자의 피로도를 경감시키고 동시에 작업 시간을 단축할 수 있고 비숙련자도 간단한 사용자 입력을 통해 자연스러운 가상 헤어스타일을 생성할 수 있는 장점이 있다.

1. 서론

헤어스타일은 사람의 전체적인 인상을 형성하는 매우 중요한 부분 중 하나로, 헤어스타일의 가변을 통해 동일한 얼굴에서 매우 상이한 인상을 연출해 낼 수 있다. 헤어스타일이 얼굴 이미지에 미치는 영향은 대부분 헤어스타일 전문가의 감각과 경험에 의해 제시되고 있는 것이 일반적이다. 최근 들어 복식 의장학 분야에서 컴퓨터 시뮬레이션을 활용한 의장 변화의 시도는 실제로 의장 변화를 실시하지 않고도 쉽고 빠르게 결과를 볼 수 있으므로 시간과 경비를 줄이는 보편적인 대안이 되고 있다[1].

더불어, 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 자연스러운 헤어스타일 생성은 컴퓨터 그래픽스와 애니메이션 분야의 오랜 연구 주제가 되고 있는데, 인간의 헤어스타일과 매우 흡사한 외형과 특성을 제공하는 우수한 연구 결과들[2-8]이 다수 제안되어 있다. 특히 '디지털 캐릭터(digital character)'를 넘어 '디지털 액터(digital actor)'로의 전환을 지향하는 최근의 3D 컴퓨터 애니메이션 분야의 발전 추세를 감안할 때, 인간 모발의 정적·동적 특성을 반영하는 디지털 헤어스타일의 생성 작업은 비교적 난이도가 높은 분야임에도 불구하고 가까운 시일 내에 매우 높은 수준의 완성도를 달성할 것으로 기대된다.

그러나 현재 이러한 디지털 헤어스타일의 생성은 그 과정의 대부분을 난해한 수작업에 의존하기 때문에 작업 시간이 많이 소요될 뿐만 아니라 고가의 컴퓨터 그래픽스 플랫폼과 응용 소프트웨어가 필요하고 또한 고도로 숙련된 작업자에 절대적으로 의존하는 난제가 있다.

한편, 최근 들어 가발 업계와 미용 업계를 중심으로

PC나 웹 기반 환경에서 2D 인물사진과 미리 준비된 2D 그래픽 헤어스타일을 합성하여 상대적으로 간편하게 예상 헤어스타일을 생성하는 가상 헤어스타일 생성 서비스가 속속 도입되고 있다. 가발 업계로 유명한 (주)하이모의 가상 헤어스타일 생성 서비스인 'Hi-MO Virtual Hair System'[9]의 경우, 인터넷을 통해 자신의 사진을 전송한 후, 별도의 통보 시스템을 통해 최종 결과 헤어스타일을 제공하는 서비스 방식을 채택하고 있다. (주)뷰티비지의 '헤어코디 2.0'[10]의 경우, 웹 기반의 GUI 환경에서 2D 인물사진을 불러오기한 후, 미리 준비된 복수의 2D 그래픽 헤어스타일들 중에서 원하는 헤어스타일을 선택한 다음에 이를 인물사진에 어울리도록 사용자 입력을 통해 정렬시켜 그 결과를 웹상에서 확인할 수 있는 방식을 사용하고 있다. 그림 1은 헤어코디 2.0을 이용한 가상 헤어스타일 생성 사례를 예시한 것이다.

(주)뷰티비지의 헤어코디 2.0은 비교적 편리한 사용자 인터페이스를 제공하는 반면에 가상적으로 생성할 수 있는 헤어스타일의 유형이 사전에 준비된 그래픽 헤어스타일로 국한되는 단점이 있다.

헤어스타일의 경우, 통상적으로 사용자의 취향이 다양하고 유행에 민감한 특성을 감안할 때 모든 가능한 유형의 헤어스타일을 사전에 준비하는 것은 사실상 많은 한계와 난제가 있다. 특히 잡지, 화보집, 대중 매체 등에 등장하는 특정 유명인 또는 모델의 헤어스타일을 모방하고자 하는 경향이 적지 않기 때문에 실사 영상에서 헤어스타일을 추출하여 사용할 필요성이 있다.



그림 1. 헤어코디의 가상 헤어스타일 생성 사례

한편, 타인의 헤어스타일을 특정인의 두상에 새로운 헤어스타일로 결합시키면 대부분의 경우 전체적으로 부자연스럽고 특히 그 경계면에서 불연속적인 느낌이 생성되는데, 이러한 부조화를 극복하는 하나의 방법은 현재 자신의 헤어스타일에서 다른 헤어스타일로 변하는 과정상에 존재하는 헤어스타일을 열람한 후에 그 중에서 원하는 것을 선택하는 것이다.

제안된 방법은 이러한 필요성에 근거한 것으로, 2D 실사 영상에서 추출한 헤어스타일을 원하는 인물 영상의 두상에 정렬시킨 상태에서 원래의 헤어스타일에서 추출한 헤어스타일로, 또는 추출한 헤어스타일에서 원래의 헤어스타일로 변해가는 반자동 필드 모핑[11][12]을 수행함으로써 여러 유형의 헤어스타일을 자동으로 생성할 수 있는 가상 헤어스타일 생성 방법에 관한 것이다. 제안된 방법은 사전에 준비된 그래픽 객체 외에도 실사 영상에서 직접 추출한 헤어스타일을 사용할 수 있고, 추출한 헤어스타일 외에도 다양한 유형의 헤어스타일을 자동으로 생성할 수 있는 이점이 있다. 또한, 반자동 필드 모핑에 기반한 편리한 사용자 인터페이스를 제공할 수 있기 때문에 작업자의 피로도를 경감시킴과 동시에 작업 시간을 단축할 수 있고 비숙련자도 간단한 사용자 입력을 통해 자연스러운 가상 헤어스타일을 생성할 수 있는 것이 특징이다.

2. 제안된 가상 헤어스타일 생성

제안된 방법은 우선, 2D 모델 영상 데이터베이스에서 원하는 헤어스타일을 갖고 있는 2D 모델 영상을 검색하고 이 영상에서 머리카락 부분을 영역분할을 통해 추출한다. 이때, 사전에 준비된 그래픽 객체 형태의 헤어스타일을 이용할 수도 있다. 이후, 추출한 헤어스타일을 특징인 또는 특정 캐릭터의 두상에 어울리도록 사용자 입력을 통해 정렬시킨 후, 머리카락 모양을 제외한 부분, 즉 얼굴과 몸체 부분은 그대로 유지하면서 원래의 헤어스타일에서부터 모델의 헤어스타일로, 또는 추출한 모델의 헤어스타일에서 원래의 헤어스타일로 단계적으로 변해가는 반자동 필드 모핑을 수행함으로써 PC 또는 웹 기반 GUI 환경에서 여러 단계의 헤어스타일들을 자동적으로 생성한다. 최종적으로, 이렇게 생성된 다수의 헤어스타일들을 열람한 후에 이들 중에서 원하는 것을 택할 수 있는 사용자 선택권을 부여함으로써 사용자 만족도가 높은 가상 헤어스타일을 생성할 수 있다.

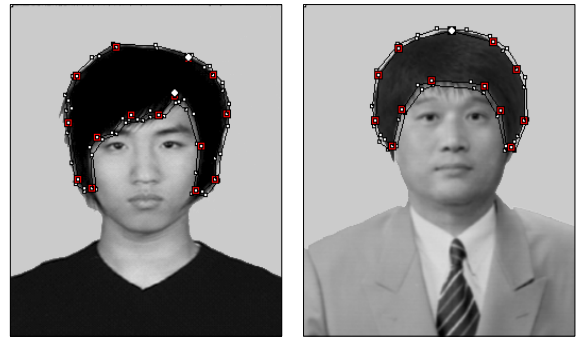
2.1 영역 성장에 기반한 영상 분할

제안된 방법에서는 머리카락 영역의 형상 윤곽을 검출하기 위해 머리카락 영역에 위치한 씨앗 화소(seed pixel)를 사용자 입력을 통해 지정하고, 이 씨앗 화소를 중심으로 영역을 성장시킴으로써 영역분할을 수행하는 영역 성장(region growing)에 기반한 영상 분할 기법[13]을 사용하고 있다.

제안된 방법에서 머리카락 영역의 분할 특성은 반자동 필드 모핑의 결과에 결정적인 영향을 미칠 뿐만 아니라 반자동화 알고리즘의 근간이 된다. 지금까지 다수의 영상 분할 알고리즘이 제안되어 있으나 2차원 영상의 특징상, 배경의 복잡도나 대비도에 상관없이 원하는 객체를 완벽하게 추출할 수 있는 영상 분할 기술은 존재하지 않는다. 그러나 머리카락 영역의 경우, 그 화소 분포 특성에 있어서 동질성이 강하고 단순한 질감을 갖고 있는 대부분의 영상에서 양호한 결과를 얻을 수 있는 것이 특징이다. 따라서 만족스러운 결과를 얻기 위해서는 2D 모델 영상을 선택할 시에 이러한 특성을 감안할 필요가 있다.

2.2 모핑 마스크 생성

소스 영상과 목표 영상에서 머리카락 영역으로 구획된 모핑 대상체 쌍의 형상 정보를 추출한 상태에서 소스 모핑 대상체의 헤어스타일을 목표 영상의 인물 두상에 어울리도록 정렬시킨다. 이어서, 얼굴과 몸체 부분은 그대로 유지하면서 헤어스타일만 변화시키기 위해 두 머리카락의 형상 윤곽의 합집합을 구한다. 여기에 형태학적 팽창 연산을 취하여 영역을 소폭 팽창하고 이 팽창된 영역 내에서만 필드 모핑이 수행되도록 한정하기 위해 이 영역을 모핑 마스크(morphing mask)로 삼는다. 그림 2(a) 및 그림 2(b)의 외곽 폐곡선은 모핑 마스크를 나타낸 것이고, 내부 폐곡선은 후술할 소스 모핑 대상체의 제어선들을 나타낸 것이다.



(a) 청년 영상 (b) 중년 영상
그림 2. 소스 모핑 대상체의 제어선과 모핑 마스크

2.3 반자동 필드 모핑

제안된 방법은 재귀적 제어점 정합을 통해 필드 모핑의 반자동화를 실현함으로써 편리한 사용자 인터페이스를 제공하고 있다[12]. 우선, 헤어스타일의 형상 윤곽 상에 사용자 입력을 통해 소수의 외부 제어점 쌍만을 지정하면 각 모핑 대상체의 제어점들에 의해 구분되는 부분 윤곽선 쌍 단위로 기설정된 최대 허용 왜곡을 기준삼아 소스 모핑 대상체와 목표 모핑 대상체에서 각각 독립적으로 다각형 기반 정점 탐색[14][15]을 수행하여 각 모핑 대상체의 윤곽선을 다각 근사화하는 각각의 다각 근사점들을 추출한다. 그림 3은 모핑 대상체의 부분 윤곽선 상에서 다각형 기반 정점 탐색을 수행하는 과정을 예시한 것이다. 여기서 빗금 친 사각형은 사용자 입력을 통해 제공된 외부 제어점이고 흑색 사각형은 새롭게 선정된 정점이며 회색 사각형은 지주점을 나타낸 것이다.

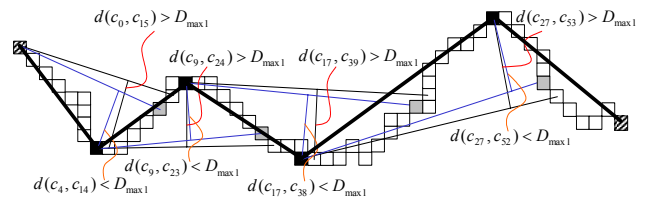


그림 3. 다각형 기반 정점 탐색 과정

다음으로 각각의 부분 윤곽선 쌍에서 정점의 개수가 많은 쪽을 기준 부분 윤곽선으로 선택하고 다른 한쪽을 대응 부분 윤곽선으로 정한다. 이후 대응 부분 윤곽선의 평균 왜곡 거리에 따라 다각 근사 정합과 비례 길이 정합을 적응적으로 선택하여 기준 부분 윤곽선의 정점을 대응 부분 윤곽선에 정합시킴으로써 새로운 제어점 쌍들을 추출한다.

그림 4는 재귀적 제어점 정합 과정상에서 대응 제어점을 찾는 것을 예시한 것이다. 여기서 빗금 친 사각형은 사용자 입력을 통해 제공된 제어점이고 흑색 사각형은 대응 제어점이며 회색 사각형은 지주점을 나타낸 것이다.

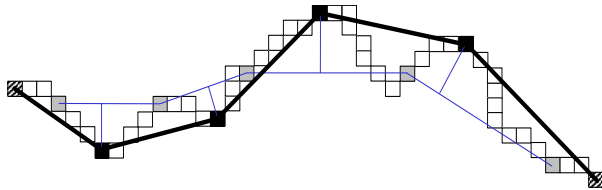


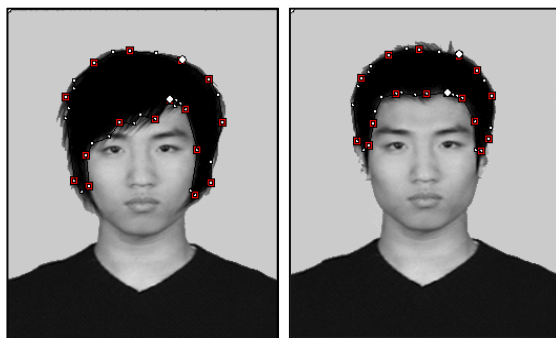
그림 4. 적응적 제어점 정합 과정의 대응 제어점 탐색

추출된 제어점 쌍들을 이전의 제어점 쌍들 사이에 계층적으로 삽입하는 이상의 과정을 최대 허용 왜곡을 단계적으로 줄이면서 기설정된 다각 근사 오차 이하가 될 때까지 재귀적으로 반복함으로써 계위적인 특성(scalable characteristics)을 갖는 제어선 쌍들을 추출할 수 있다. 이렇게 추출된 최종 제어선 쌍들을 이용하여 기 설정된 머리카락 영역의 모핑 마스크 영역에 대해서만 필드 모핑을 수행함으로써 모핑의 반자동화를 실현함과 동시에 여러 형태의 다단계 헤어스타일을 자동적으로 생성한다.

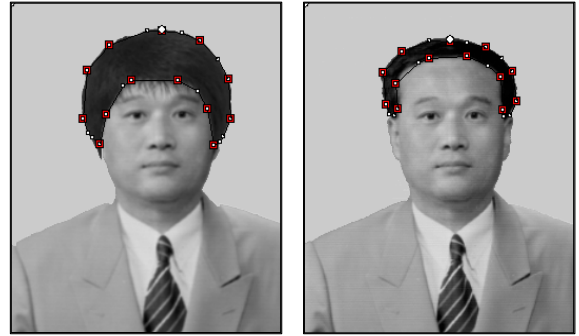
3. 시뮬레이션 결과 및 고찰

제안된 방법의 성능을 평가하기 위해 256×300 크기의 '청년' 영상과 '중년' 영상을 시험영상으로 삼아 Pentium M 1.7GHz과 512MB RAM 사양의 PC에서 Microsoft Visual C++6.0을 사용하여 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션의 편의상, 헤어스타일을 가변시키고자 원하는 2D 실사 인물 영상을 목표 영상(즉, 그림 5(b), 그림 6(b))으로 삼았고, 이 인물 영상을 (주)뷰티비지의 헤어코디 2.0을 이용하여 헤어스타일을 변형시켜서 소스 영상(즉, 그림 5(a), 그림 6(a))을 생성하였다. 여기서 소스 영상은 원하는 헤어스타일을 갖고 있는 2D 모델 영상인격이다. 물론 이와 정반대로 소스 영상과 목표 영상을 설정할 수도 있다.

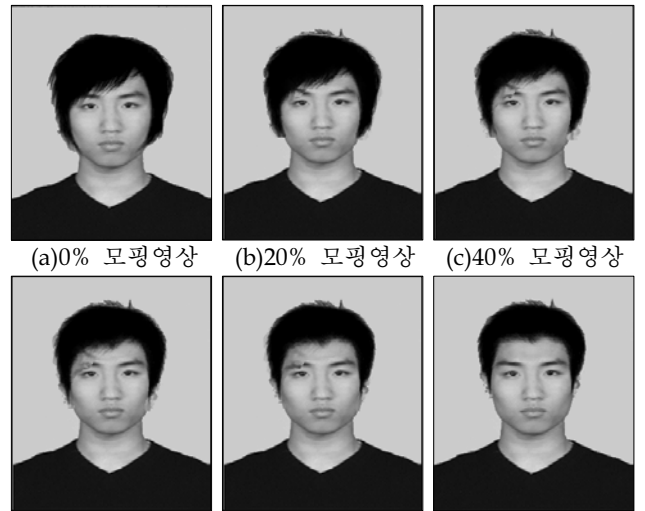
필드 모핑을 수행할 시, 역방향 매핑(reverse mapping) 과정에서 소스 영상과 목표 영상의 화소가 정수 화소 단위로 대응되지 않을 경우, 새로운 화소값을 생성하기 위해 적합한 영상 보간 기술이 필요하다. 여기서 제시한 시뮬레이션 결과는 최근접 화소 보간법(Nearest Neighbor Interpolation)을 사용한 것이다.



(a)소스 영상 (b)목표 영상
그림 5. '청년' 영상의 제어선 쌍



(a)소스 영상 (b)목표 영상
그림 6. '중년' 영상의 제어선 쌍



(a)0% 모핑영상 (b)20% 모핑영상 (c)40% 모핑영상
(d)60% 모핑영상 (b)80% 모핑영상 (c)100% 모핑영상
그림 7. 제안된 방법을 '청년' 영상에 적용한 모핑 영상들



(a)0% 모핑영상 (b)20% 모핑영상 (c)40% 모핑영상
(d)60% 모핑영상 (b)80% 모핑영상 (c)100% 모핑영상
그림 8. 제안된 방법을 '중년' 영상에 적용한 모핑 영상들

그림 5는 '청년' 영상의 헤어스타일을 추출한 후, 2개의 외부 제어점 쌍을 제공한 다음에 $D_{max1} = 8$, $D_{max2} = 3$ 을 이용한 재귀적 제어점 정합을 통해 소스 영상과 목표 영상의 제어선 쌍을 생성한 것을 나타낸 것이다. 그림 6은 '중년' 영상의 헤어스타일을 추출한 후, 1개의 외부 제어점 쌍을 제공한 다음에 $D_{max1} = 8$,

$D_{max2} = 3$ 을 이용한 재귀적 제어점 정합을 통해 소스 영상과 목표 영상의 제어선 쌍을 생성한 것을 나타낸 것이다.

그림 5와 그림 6에서 백색 원은 사용자 입력을 통해 제공한 외부 제어점 쌍(제1차 제어점 쌍)이고, 큰 사각형은 재귀적 제어점 정합을 통해 생성한 제2차 제어점 쌍이며, 작은 사각형은 제3차 제어점 쌍을 나타낸 것이다.

그림 7과 그림 8은 각각 그림 5와 그림 6의 제어선 쌍을 이용하여 제안된 가상 헤어스타일 생성 방법에 의해 필드 모핑을 수행한 결과 영상들을 예시한 것이다.

시뮬레이션 결과를 통해 살펴볼 수 있듯이 모핑 마스크를 사용함으로써 머리카락 모양을 제외한 부분은 그대로 유지하면서 모델의 헤어스타일로부터 원래의 헤어스타일로 단계적으로 변해가는 비교적 자연스러운 다단계의 헤어스타일들을 생성할 수 있었다. 물론 소스 영상과 목표 영상을 비교대할 경우, 원래의 헤어스타일에서 추출한 모델의 헤어스타일로 변해가는 모핑 영상들을 얻을 수도 있었다.

그러나 모핑 마스크의 형태가 초기에 고정됨에 따라 모핑이 진행되면서 이중 노출(dual exposure)현상이 다소 발생하는 것을 발견할 수 있다. 이것은 필드 모핑이 점진적으로 진행될 경우, 제어점들의 보간에 의해 새롭게 생성되는 제어선들의 위치가 목표 영상의 모핑 대상체 형상에 근접됨에 기인할 것이다. 따라서, 모핑 마스크의 형상이 제어선들로 구성된 형상을 단계적으로 따라가면서 가변될 수 있도록 조치함으로써 이러한 문제를 완화시킬 수 있을 것인 바, 향후 이에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

4. 결론

본 논문에서는 소스 영상과 목표 영상에서 머리카락 영역으로 구획된 모핑 대상체 쌍의 형상 정보를 추출한 상태에서 재귀적 제어선 정합을 이용한 반자동화 필드 모핑에 기반한 가상 헤어스타일 생성 방법을 제안하였다.

제안된 방법은 사전에 준비된 그래픽 객체 외에도 실사 영상에서 직접 추출한 헤어스타일을 사용할 수 있고, 추출한 헤어스타일 외에도 다양한 유형의 헤어스타일을 자동으로 생성할 수 있는 이점이 있다. 또한, 반자동 필드 모핑에 기반한 편리한 사용자 인터페이스를 제공할 수 있기 때문에 작업자의 피로도를 경감시킴과 동시에 작업 시간을 단축할 수 있고 비숙련자도 간단한 사용자 입력을 통해 자연스러운 가상 헤어스타일을 생성할 수 있는 것이 특징이다.

제안된 가상 헤어스타일 생성 방법은 가발 업계뿐만 아니라 컴퓨터 애니메이션, 게임 캐릭터 및 게임 응용, 인터넷 아바타, 미용실 및 이용실의 예상 헤어스타일 생성 서비스 등의 분야에서 광범위한 활용 분야를 찾을 수 있다. 제안된 가상 헤어스타일 생성 방법을 관련 분야에 적용할 경우, 필드 모핑의 반자동화에 힘입어 응용 콘텐츠 창출의 저비용화와 고품질화를 기대할 수 있고 관련 분야에 대한 다양한 기술적 파급효과를 유발시킬 수 있을 것으로 기대된다. 또한 당 분야 응용 소프트웨어에 대한 사용자 만족도를 향상시킬 수 있고, 기 개발된 기존의 제품군에 적용하여 초기에 상품화를 실현할 수 있는 것으로 기대된다.

그러나, 제안된 방법은 소수의 제어점이라도 사용자가 직접 설정해주어야 하는 단점이 있고 처리할 수 있는 영상에 다양한 제약 조건이 존재한다. 향후 이러한 문제를 단계적으로 해결하기 위한 연구가 추가적으로 진행될 필요가 있다.

또한, 생성된 헤어스타일의 자연스러운 착용감을 제공하기 위한 블렌딩 기술 개발과 영상분할을 통해 획득한 형상 정보와 사용자 입력에 의해 제공된 제어선 쌍을 통

합적으로 사용할 수 있는 가상 헤어스타일 생성용의 편리한 그래픽 사용자 인터페이스 개발이 필요하다.

향후 제안된 방법에 대한 성능 개선이 있을 경우, 디지털 특수효과, 2D/3D 가상 헤어스타일 시뮬레이션 기술, 2D/3D 가상 사이버 패션 기술, 사이버 캐릭터 생성, 2D/3D 애니메이션의 저작, DTV 콘텐츠 저작, 사용자 친화형 아이콘 제작 분야의 기존 기술을 점진적으로 대체할 수 있을 것으로 예측된다.

또한, MPEG-4의 main profile이 영상 분할에 기초하고 있고 제안된 방법 또한 영상 분할에 기반하고 있기 때문에 MPEG-4의 새로운 응용 분야를 개척할 수 있는 주요한 도구들 중의 하나로 부상할 가능성이 있다.

참고 문헌

- [1] 도주연, 권영숙, "Hairstyle 변환에 의한 얼굴 이미지 요인과 분석-Computer Graphic Simulation을 이용하여-", 한국정보학회지, 제16권, 제3호, pp. 339-346, 1992.
- [2] 김진수, 이두원, 고형석, "자연스러운 머리카락 모델링 및 애니메이션", 컴퓨터그래픽스학회논문지, 제5권, 제1호, pp. 35-46, 1999.
- [3] 최병원, 고형석, "파라미터 기반 머리카락 모델링 기법", 2004년 컴퓨터그래픽스학회 춘계학술대회논문집, pp. 123-129, 2004.
- [4] B. Choe, *Statistical Approaches for Synthesizing Realistic Face and Hair*, Ph. D. thesis, Seoul National University. Feb. 2004.
- [5] S. Hadap and N. Magnenat-Thalmann, "Interactive Hairstyler Based on Fluid Flow", In *Computer Animation and Simulation 2000*, pp. 87-99, Aug. 2000.
- [6] T. Kim and U. Neumann, "A Thin Shell Volume for Modeling Human Hair", In *Computer Animation 2000*, pp. 104-111, May 2000.
- [7] K. Ward and M. C. Lin, "Adaptive Grouping and Subdivision for Simulating Hair Dynamics", In *Pacific Conference on Computer Graphics and Applications*, 2003.
- [8] Y. Watanabe and Y. Suenaga, "A Trigonal Prism-based Method for Hair Image Generation", *IEEE Computer Graphics and Applications*, 12(1):47-53, Jan. 1992.
- [9] (주)하이모, <http://www.himo.co.kr>, Hi-MO Virtual Hair System, 2004.
- [10] (주)뷰티비지, <http://www.haircody.co.kr>, 헤어코디 2.0, 2004.
- [11] 이형진, 광노윤, "필드 기반 워핑과 모핑을 위한 영상 보간 필터의 성능 분석에 관한 연구", 한국산업기술회논문지, 제5권, 제6호, pp. 511-517, 2004. 12.
- [12] 이형진, 광노윤, "반자동 필드 모핑: 계층적 다각 근사화에 기반한 재귀적 제어선 정합", 제17회 영상처리 및 이해에 관한 워크샵(IPIU 2005) 발표 논문집, pp. 203-208, 2005. 1.
- [13] Linda Shapiro, George Stockman, *Computer Vision*, pp. 289-291, Prentice Hall, 2001.
- [14] 서정구, 광노윤, 서범석, 황병원, "왜곡 패턴 유형에 의한 다각형 기반 형상 부호화의 근사 정점 탐색", 디지털콘텐츠학회논문지, 제3권, 제2호, pp. 197-209, 2002. 12.
- [15] 윤병주, 고윤호, 김성대, "비트량-왜곡을 고려한 효율적인 다각형 근사화 기법", 전자공학회지논문지, 제40권, SP편, 제1호, pp. 114-123, 2003, 1.