

두 장의 영상을 이용한 스마트폰에서의 3차원 얼굴 모델링

이원범*, 이만희*, 홍태화**, 조성대**, 박인규^{0*}

인하대학교 정보공학과*, 삼성전자 DMC R&D Center**

luckybeom@gmail.com*, maninara@gmail.com*, taehwa.hong@samsung.com**, s-d.cho@samsung.com**, pik@inha.ac.kr^{0*}

요약

본 논문에서는 스마트폰 환경에서 두 장의 입력영상으로부터 3차원 얼굴을 모델링 하는 기법을 제안한다. 우선 정면과 측면, 두 장의 얼굴영상에서 눈, 코, 입과 같은 얼굴특징을 자동적으로 추출한 후 표준 3차원 모델을 2차원 특징에 부합하도록 변형하여 기하학적으로 사용자와 유사한 3차원 얼굴모델을 생성한다. 또한 입력영상을 이용하여 텍스처맵을 생성함으로써 보다 높은 사실감을 부여한다.

1. 서론

사용자들이 쉽게 3차원 얼굴 모델을 생성하기 위해서는 디지털 카메라와 같이 쉽게 접근할 수 있는 장비를 이용해야 하며, 또한 자동으로 얼굴 모델링이 수행되어야 하며 이와 같은 영상 기반 3차원 얼굴 모델링에 대하여 많은 연구가 수행되고 있다.

본 논문에서는 두 장의 입력영상을 이용해서 자동으로 3차원 얼굴 모델을 생성하는 방법에 대하여 제시한다. 그림 1은 전반적인 시스템의 개요도를 표현한다.

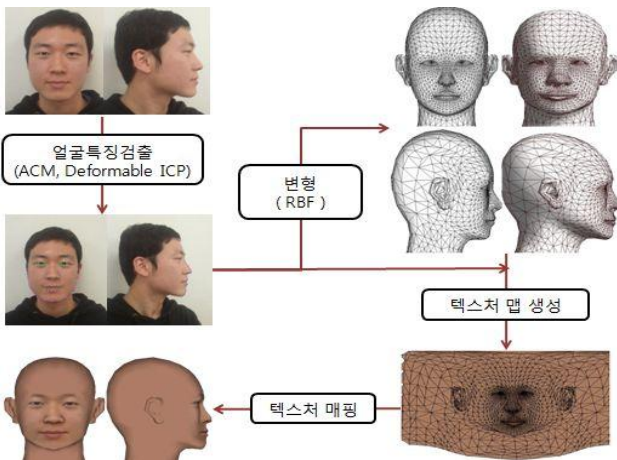


그림 1. 시스템 개요도

2. 입력영상을 이용한 얼굴 특징 추출

2차원 입력 영상에서 얼굴 특징 추출을 위하여 본 연구에서는 NURBS(Non-Uniform Rational B-Spline)[1]를 이용하여 얼굴의 특징을 표현하였다. 그 후 [2]를 이용하여 초기 얼굴 특징을 검출한 뒤 정확한 얼굴 특징을 검출하기 위하여 ACM(Active Contour Model)[3]을 이용하였다. 이때 영상의 에너지는 Sobel filter에 의해 추출된 윤곽선의 강도를 이용하였다.

2.1 정면특징추출

눈 외곽선의 경우 흑백 영상에서 외부에너지가 계산되었고, 눈의 중심을 검출하기 위하여 곡선의 모양을 유지한 채 외부 에너지만을 이용하여 초기 위치를 결정한 후 ACM을 적용하여 최종 눈 특징 외곽선을 검출하였다. 입 외곽선의 경우 R/G 채널과 B/G 채널의 2차원 공간에 대하여 K-means 클러스터링 알고리즘을 적용함으로써 피부색과 입술색을 이진 분리한다. 그 후 이것을 영상 외부 에너지로 지정하여 연산을 수행하였고 외부 에너지만을 이용하여 입의 초기 위치를 결정한 후 ACM을 적용하여 최종적인 입 외곽선을 검출하였다. 코 외곽선의 경우 흑백 영상에서 외부에너지가 계산되었고 코 외곽선에 대한 초기 모양을 정의하기 위하여 초기 특징 추출 결과에서 코의 가로 및 세로 길이를 이용하였다. 그 후 코 특징 곡선의 좌, 우 외곽선에 대하여 독립적으로 ACM을 적용한 후 하나의 곡선으로 병합하고 다시 최적화를 통하여 최종적인 코 특징 외곽선을 검출하였다. 뺨 및 턱의 외곽선을 검출하기 위하여 일반적인 흑백 영상에 피부색[4]에 대한 가중치를 추가하여 영상의 외부에너지를 계산하였다. 그 후 영상 배경의 간섭을 제거하기 위하여 뺨 외곽선의 초기 위치가 얼굴 내부에 존재할 수 있도록 눈과 입의 위치를 이용하여 초기 외곽선을 설정하고 이러한 곡선이 확장되는 방향으로 ACM을 적용하여 뺨과 턱의 특징 외곽선을 추출하였다.

2.2 측면특징추출

측면 외곽선 검출의 경우 흑백 영상에 피부색에 대한 가중치를 추가하여 영상의 외부에너지를 계산하였다. 우선 측면 템플릿의 정보가 입력 영상과 차이가 있을 경우 초기 위치를 정확하게 검출하지 못하는 것을 방지하기 위하여 입력 영상의 크기를 축소하여 윤곽선의 범위를 확장시킨 후 초기 위치 검출을 위한 템플릿 매칭을 수행한다. 찾아진 측면 템

플릿의 초기 위치로부터 정확한 측면 외곽선을 계산하기 위하여 기존의 deformable ICP(Iterative Closest Point)[5]를 변형하여 측면 특징을 검출한다. 보다 세밀한 측면 외곽선을 얻기 위하여 3차원 표준모델을 이용하여 템플릿을 생성하고 각각의 제어점 사이에 sampling point를 추가하여 총 33개의 측면 특징 검출을 위한 노드를 생성한다. 그 후 non-rigid registration을 위하여 에너지를 정의하고 parameter의 최적화를 위하여 Levenberg-Marquardt 알고리즘을 이용하여 nonlinear least-square 문제를 해결한다.

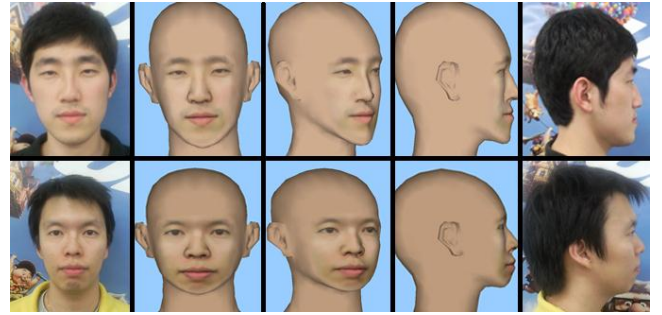


그림 2. 생성된 3차원 모델

3. 특징점을 이용한 변형(defomation)

본 논문에서는 표준 모델을 변형하기 위하여 2차원 영상에서 검출된 특징점과 3차원 모델의 대응되는 정점을 일치시키는 워핑(warping) 작업을 수행한다. 이미 NURBS 곡선으로 얼굴의 특징 외곽선을 표현하였고 이를 이용하여 곡선상에 존재하는 임의의 좌표를 구할 수 있다. 또한 표준 3차원 모델의 특징 위치도 이미 알고 있으므로 2차원상의 특징을 각각의 3차원 특징점으로 일치시킬 수 있다. 이때 3차원 모델상의 모든 정점을 보간 하기 위하여 RBF (Radial Basis Function)를 이용한다.

4. 텍스처맵 생성

정면영상을 취득할 때 대상 인물의 정면 얼굴이 2차원 영상에 직교 투영된 결과와 유사하기 때문에 3차원 정점과 텍스처좌표 사이의 관계는 큐브매핑으로 설정한다. 그 후 텍스처맵을 생성하기 위하여 실린더매핑을 이용하였고 3차원 좌표 (x, y, z)를 2차원 좌표 (θ, h)로 표현하였다. 이와 같이 실린더매핑을 통해 구한 2차원 정점 좌표 (θ, h)와 텍스처좌표를 각각 대응시킬 수 있고 이것을 2차원 평면에 렌더링하여 텍스처맵을 생성한다. 또한 텍스처맵에서 정점의 위치 정보를 통해 얼굴영역을 설정한 후 얼굴 영역에서 대표색상을 추출하고 경계선까지의 거리에 따른 가중치를 이용하여 혼합한다. 그리고 얼굴 영역의 외부는 대표색상으로 대체한다.

5. 실험 결과 및 분석

표 1은 ARM Cortex A8 1GHz의 CPU와 POWERVR SGX540를 탑재한 Wave GT-S8500에서의 성능을 보여준다.

표 1. 수행시간 분석

주요단계	수행시간(sec)
정면특징검출	5.6
측면특징검출	4.2
3차원 모델 워핑	0.7
텍스처맵 생성	1.8
합계	12.3

그림 2는 입력영상에 의해 생성된 3차원 모델의 예제를 보여주고 있다.

6. 결론

본 논문에서는 스마트폰 환경에서 얼굴의 정면과 측면 영상으로부터 자동으로 3차원 얼굴 모델을 생성하는 방법을 제안하였다. 특징 외곽선을 추출하기 위해 각 특징부위당 별도의 영상을 지정하여 외부에너지를 구하였고 이를 바탕으로 ACM 및 deformable ICP를 적용하였다. 그 후 RBF를 이용한 워핑을 수행하여 표준 3차원 얼굴 모델을 변형하였으며 입력영상을 이용하여 머리카락을 제거한 텍스처맵을 생성한 후 적용하였다. 그래서 손쉽게 취득된 두 장의 영상을 통해서 약 12초 후에 3차원 얼굴 모델을 얻을 수 있다.

감사의 글

본 연구는 삼성전자(주)의 지원을 받아 수행된 연구임.

참고문헌

- [1] L. Piegl and W. Tiller, *The NURBS BOOK Second Edition*, Springer-Verlag:Berlin Heidelberg, 1997.
- [2] P. Viola and M. Jones, "Robust Real-time Face Detection," *International Journal of Computer Vision*, vol. 57, no. 2, pp. 137-154, May 2004.
- [3] M. Kass, A. Witkin, and D. Terzopoulos, "Snakes: Active contour models", *International Journal of Computer Vision*, vol. 1, no. 4, pp. 321-331, January 1988.
- [4] J. Kovac, P. Peer, and F. Solina, "Human skin colour clustering for face detection", *EUROCON2003*, vol. 2, pp. 144-148, September 2003.
- [5] H. Li, R. W. Sumner, and M. Pauly, "Global Correspondence Optimization for Non-rigid Registration of Depth Scans," *Computer Graphics Forum*, vol. 27, no. 5, pp. 1421-1430, October 2008.