

3D 얼굴 모델 자동 분할 기술

임성재, 황분우, 윤승욱, 전해령, 박창준, 최진성
한국전자통신연구원 SW·콘텐츠연구소 CG실
e-mail:sjlim@etri.re.kr

Automatic 3D Face Segmentation

Seong-Jae Lim, Bon-Woo Hwang, Seung-Uk Yoon, Hye-Ryeong Jun,
Chang-Joon Park, Jin-Sung Choi
ETRI, SW·Creative Content Research Lab., Computer Graphics Lab.

요 약

본 논문은 3D 스캐너 및 센서 등으로 캡처되어 3D로 복원된 얼굴 객체의 부위별 의미 있는 영역에 대한 분할을 자동으로 수행하는 기술을 제안한다. 3D 스캔된 얼굴 모델을 모델링, 애니메이션, 3D 프린팅 등의 다양한 응용분야에 활용하기 위해서는 스캔된 영역의 의미 있는 부위별 인식이 필수적이다. 본 논문에서는 부위별 의미 있는 영역 레이블링이 된 템플릿 모델을 입력된 3D 복원 모델로 전이하여 복원된 3D 모델의 부위별 의미 있는 영역을 자동으로 분할하고 분할된 영역의 일관성을 유지하는 알고리즘을 제안한다.

1. 서론

얼굴의 부위별 인지는 3D 모델링, 애니메이션, 3D 프린팅 및 3D 풍타주 생성 등 다양한 분야에서 필수적인 요소로 인식되고 있다. 특히 3D 얼굴 모델의 부위별 분할은 2D 영상에서 부위별 인식 기술이 오랫동안 연구되어 비교적 최근에 적은 오류율을 가진 기술들이 개발된 것과 같이 많은 시간과 연구가 필요한 분야이다. 단순 눈 영역, 코 영역, 입 영역은 다양한 센서와 3D 템플릿 모델로 찾을 수 있지만, 부위별 의미 있는 영역 분할은 더 많은 연구가 필요하다.

Golovinskiy[1]는 3D 모델을 노드 기반 그래프 구조로 구성하여 메쉬내의 연결성과 메쉬간 연결성 정보를 기반으로 부위별 일관성을 유지하는 객체 분할 알고리즘을 제안하였다. 모델간 강체 정합만(rigid alignment) 수행하기 때문에 모양 변화 다양성 정도가 작은 경우에만 좋은 결과를 얻을 수 있다.

본 논문에서는 VRML[2] 구조와 같이 부위별 의미 있는 영역에 대한 정보를 미리 구조화 해놓은 3D 템플릿 얼굴 모델을 입력된 3D 복원 모델에 비강체(non-rigid) 외형 변형 기법을 기반으로 피팅한 후, 영역별 대응 버텍스들에 부위별 의미 정보를 전이하여 3D 복원 모델을 부위별 의미 있는 객체 구성요소로 자동 분할하는 알고리즘을 제안한다.

2. 3D 복원 모델 자동 분할 알고리즘

본 논문은 3D 프린팅을 위한 콘텐츠 인지 기반 3D 개인 피규어 생성 시스템[3]의 얼굴 캡처 데이터 획득

을 장치를 활용하여 3D 얼굴 데이터를 획득하고, 획득된 데이터의 전처리 등을 수행한다.

2.1 3D 얼굴 데이터 획득

본 논문에서는 3D 얼굴 데이터 획득을 위해 키넥트 퓨전[4] 알고리즘을 사용하였다. 키넥트 센서로부터 스트리밍되는 깊이 데이터를 혼합하여 실시간으로 외형 모델을 복원한다. 이를 위해 객체 주위를 몇 번씩 스캔하며 ICP(iterative closet point) 알고리즘 기반 프레임간 모델의 상관관계를 계산하여 키넥트 포즈를 구한다. 위와 같이 프레임간 복원된 볼륨 모델을 중첩하여 최종 3D 포인트 모델을 복원한다.

그림 1은 키넥트 센서를 이용하여 얼굴의 전면부를 복원한 결과를 보여준다.



(그림 1) 깊이 센서 기반 얼굴 데이터 획득

2.2 캡처 데이터 전처리

캡처된 3D 얼굴 모델은 3D 상의 독립된 포인트 클라

우드를 단순 메쉬화하였기 때문에 버텍스 중복, 군집화, 홀(hole) 등의 문제로 모델 복잡도가 높은 상태로 객체 구성 요소 자동 분할에 적합하지 않다. 본 논문에서는 Quadric error metric 기반 버텍스의 최적 위치값 계산 알고리즘[5]을 통해 중복 버텍스 처리, 홀 처리 등 위와 같은 문제점을 해결하며 무결한 메쉬 모델로 만든다. 얼굴 영역 이외의 비관심영역 제거와 얼굴 템플릿 모델의 피팅을 위한 대응점 추출은 비강체 얼굴 트래킹 알고리즘을 사용한다. Haar detection 결과를 초기값으로 기하학적 모양 조건과 핵심 파트별 상관패치 비교를 통해 그림 2(a)와 같이 대응점의 위치를 최적화 한다. 이렇게 추출한 대응점을 seed point로 얼굴 영역 검출을 통해 얼굴 정면영상과 마스크 영상을 그림 2(b)와 같이 생성한다. 이렇게 생성한 영상과 마스크는 얼굴 영역 외의 비관심영역 제거에 사용된다.



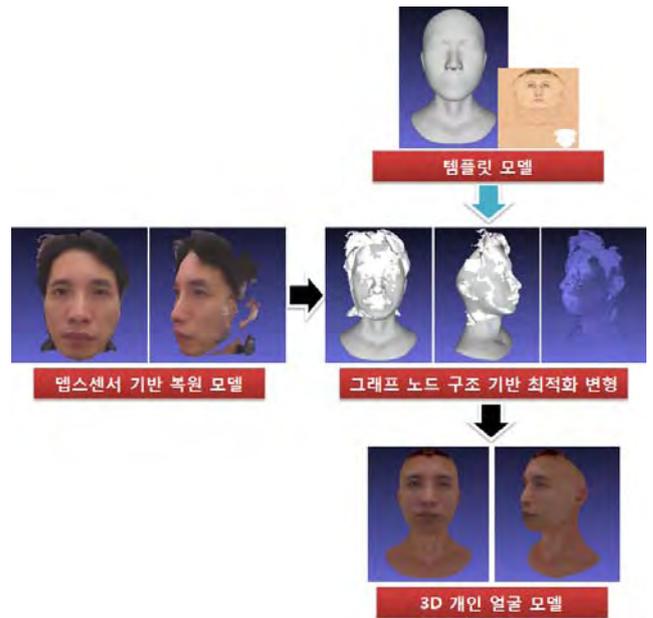
(그림 2) (a)특징점 검출, (b)영상 및 마스크

2.3 템플릿 모델 피팅 및 부위별 영역 검출

객체 구성 요소 분할을 위해서 2.2에서 전처리된 캡처 모델의 외형에 템플릿 얼굴 모델의 외형을 변형 및 피팅시킨다. 본 논문은 어파인 변형에 기반한 그래프 구조 기반 외형 변형 기법을 응용하였다. 그래프 구조의 장점은 다양한 모델 포맷과 모양의 복잡도에 영향을 받지 않고, 직관적인 조작이 가능하며, 지역적 강직성(rigidity)을 통한 모델의 세밀한 모양을 보존한다는 점이다.

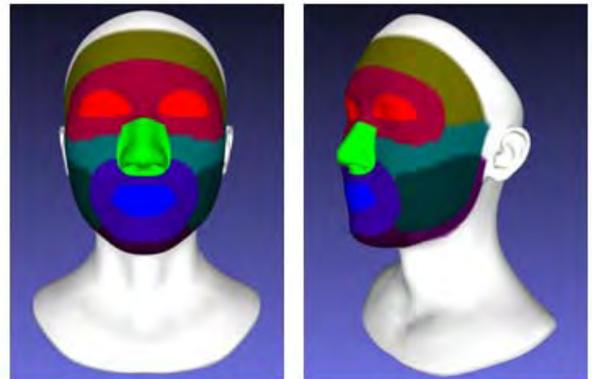
본 논문에서는 보다 사실적이며 세밀한 외형 전이를 위해서 노드와 정점으로 그래프 구조를 생성하고 회전(rotation), 정규화(regularization), 노드 제약(constraints) 등의 변형 파라미터를 최적화하는 방법을 사용한다[3].

입력된 3D 복원 모델에 오류를 최소화 하며 외형을 피팅하기 위해서 버텍스 레벨의 지역적 특성까지도 변형되어야 하기 때문에 노드와 정점에 대해서 최적화를 수행하였다. 그림 3은 템플릿 모델의 외형을 변형하여 입력된 3D 복원 모델에 피팅한 결과를 그림으로 나타낸다.



(그림 3) 템플릿 모델 변형 및 피팅

템플릿 모델의 객체 구성 요소 분할 정의는 그림 4와 같다. 모두 10개의 영역이며 이마, 눈주위, 눈, 코, 입주위, 입술, 상안, 하안, 턱, 아래턱 영역으로 정의하였다.

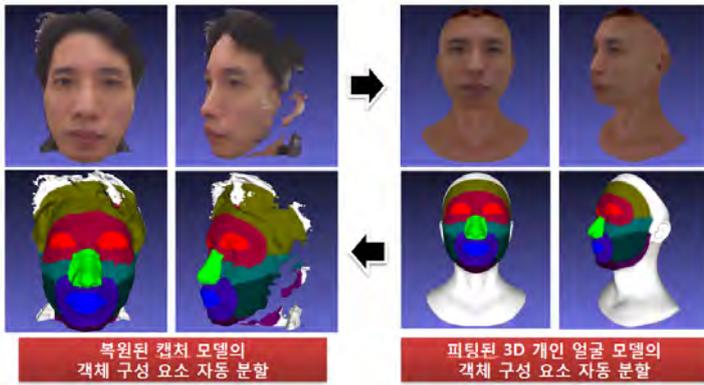


(그림 4) 템플릿 모델 객체 구성 요소 분할 정의

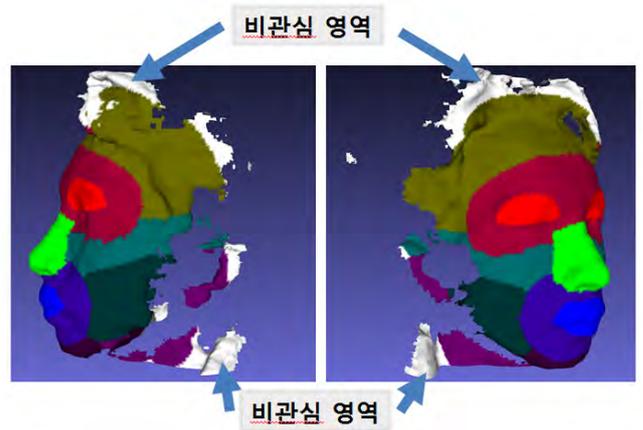
입력된 캡처 모델의 외형에 템플릿 얼굴 모델의 외형을 변형 및 피팅하여 그림 3과 같이 3D 개인 얼굴 모델을 생성한다. 이때 템플릿 모델의 객체 구성 요소의 특성이 유지되어 변형 및 피팅된 3D 개인 얼굴 모델은 템플릿 모델과 대응되는 객체 구성 요소를 갖게 된다.

피팅 과정에서 입력된 캡처 모델의 버텍스들은 피팅된 3D 개인 얼굴 모델과 대응되는 버텍스 정보를 할당 받게 된다. 대응점은 일대일, 일대다, 다대일 대응하는 쌍을 찾게된다. 3D 개인 얼굴 모델의 버텍스들은 객체 구성 요소 특성을 대응되는 캡처 모델에 할당하여 입력된 캡처 모델의 객체를 구성 요소별로 분할하게 된다.

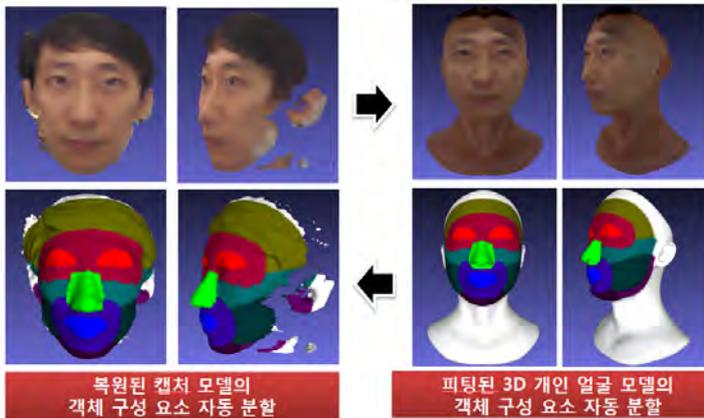
그림 5와 그림 6은 입력된 캡처 모델의 외형에 템플릿 모델을 변형 및 피팅하여 캡처 모델의 객체 구성 요소를 분할하는 결과를 나타낸다.



(그림 5) (좌상)입력 복원 모델, (우상)피팅된 3D 개인 얼굴 모델, (우하)3D 개인 얼굴 모델의 객체 구성 요소 분할 모델, (좌하)입력된 캡처 모델의 구성 요소 자동 분할 결과



(그림 7) 입력된 캡처 얼굴 모델의 객체 구성 요소 자동 분할 결과(10개의 구성 요소 영역(컬러) 및 비관심 영역(white))



(그림 6) (좌상)입력 복원 모델, (우상)피팅된 3D 개인 얼굴 모델, (우하)3D 개인 얼굴 모델의 객체 구성 요소 분할 모델, (좌하)입력된 캡처 모델의 구성 요소 자동 분할 결과

감사의 글

이 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임. [No.R0126-15-1025, 모바일 기반의 3D 프린팅 콘텐츠 생성/저작/출력 기술 및 응용 서비스 개발]

참고문헌

- [1] Aleksey Golovinskiy and Thomas Funkhouser, "Consistent Segmentation of 3D Models," *Computers and Graphics(Shape Modeling International '09)*, 2009.
- [2] VRML, www.w3.org/MarkUp/VRML
- [3] 임성재, 황분우, 윤승욱, 전해령, 박창준, 최진성, "3D 프린팅을 위한 콘텐츠 인지 기반 3D 개인 피규어 생성 시스템," *컴퓨터그래픽스학회논문지*, vol.21, no.3, pp.11-16, 2015.
- [4] Shahram Izadi, David Kim, Otmar Hilliges, David Molyneaux, Richard Newcombe, Pushmeet Kohli, Jamie Shotton, Steve Hodges, Dustin Freeman, Andrew Davison, and Andrew Fitzgibbon, "KinectFusion: Real-time 3D Reconstruction and Interaction Using a Moving Depth Camera," *UIST '11*, 2011.
- [5] Michael Garland, and Paul S. Heckbert, "Surface Simplification Using Quadric Error Metrics", *SIGGRAPH '97*, pp. 209-216, 1997.

그림 7은 자동 분할한 객체 구성 요소별 분석 내용을 나타낸다. 10개의 객체 구성 요소 중, 의미 있는 구성 요소는 10개의 다른 컬러로 표시되고 의미 없는 비관심 영역은 white로 표시된다. 텍스 센서로부터 캡처된 입력 모델은 객체와 배경 사이의 구분이 없고 헤어나 옷 등의 얼굴 외 영역 등이 함께 캡처되기 때문에 이러한 비관심 영역은 본 논문의 알고리즘을 통해서 쉽게 제거할 수 있다.

3. 결론 및 논의사항

본 논문은 객체 구성 요소 분할 정의된 템플릿 모델의 변형 및 피팅 과정을 통해서 깊이 센서로 캡처된 3D 얼굴 모델을 부위별 객체 구성 요소로 자동 분할하는 알고리즘을 제안하였다. 이는 입력된 3D 캡처 데이터의 불완전한 객체에 대한 자동 구성 요소 분할 기법으로서 구성 요소 인식, 검색, 부분 교체 및 변형 등 다양한 3D 그래픽 응용 분야에 적용 가능하다.