

타원체형 모델의 기하학적인 특성을 이용한 얼굴 텍스처 생성

노명우⁰ 이중재 김계영 최형일
 숭실대학교 컴퓨터학과
 {eduardo⁰ ljhhop}@vision.soongsil.ac.kr
 {gykim, hic}@computing.soongsil.ac.kr

Face Texture Generation using Geometric Characteristics of Ellipsoid Prototype Model

Myungwoo Noh⁰ Gaeyoung Kim Hyungil Choi
 Dept. of Computing, Soongsil University

요약

본 논문에서는 얼굴 형태와 유사한 타원체형 모델의 가변적 블록크기를 기반으로 하는 영상정렬 알고리즘을 제안한다. 실린더형 모델을 사용한 기존의 방법은 블록정합 수행 시 좌우 곡률을 고려하므로 좌우 영상은 정확히 정렬하지만 상하 부분은 사람의 두상모양이나 턱 구조와 다르기 때문에 상하 영상을 정렬할 때 오류가 발생한다. 본 논문에서 제안하는 알고리즘은 얼굴 모델의 상하좌우의 곡률에 따라 가변적인 블록크기를 사용하고 영상의 상관관계를 이용하여 정확한 정렬을 할 수 있도록 한다. 그리고 얼굴 텍스처 영상을 생성하기 위하여 영상 모자이크 기법을 사용하며 영상들이 서로 잘 융합하도록 크로스디졸브(cross dissolve) 기법을 적용하여 영상을 스티칭한다.

1. 서론

디지털 영상의 역사를 살펴보면 알 수 있듯이 3차원 모델링 기술은 컴퓨터 비전뿐만 아니라 가상현실, 원격화상회의 등 다양한 분야에서 활용되는 핵심기반 기술이다. 특히, 3차원 얼굴 모델링은 방송, 네트워크 상에서의 대화형 그래픽스 환경, 지능형 인터페이스 에이전트 등의 분야에서 활용되고 있다[1]. 3차원 모델링 기술은 미래의 핵심산업임에도 불구하고 아직까지 시장형성은 초기단계에 불과하다.

3차원 모델을 생성하는 방법 중 레이저스캐너나 모션캡처 방식 등 장비를 이용하는 방법은 근사한 모델을 생성할 수 있지만 많은 경비를 필요로 하는 단점이 있다. 2차원 얼굴 영상을 이용하는 방법으로는 정면과 측면을 이용하는 방법, 2차원 영상을 이용해서 3차원 모델의 기하학적 구조를 복원하고 실린더형 텍스처 맵을 추출하는 방법, 4방향 또는 8방향 얼굴영상을 이용하는 방법 등이 있다. 이러한 기존의 방법들은 부정확한 각도에서 촬영한 영상을 사용하였을 경우 부자연스러운 텍스처가 생성되고 모델에 매핑했을 경우 사실적인 3차원 모델을 생성할 수 없다. 이를 해결하기 위해 얼굴의 곡률을 고려한 실린더형 모델의 가변적 블록크기를 이용한 영상정렬 알고리즘이 있다[2]. 이 방법은 영상정렬 시 얼굴의 좌우 곡률을 고려하므로 좌우 영상에 대해서는 정확한 정렬이 가능하다. 그런데 실린더형 모델의 상하 부분은 사람의 두상모양이나 턱 구조와는 달리 평평하므로 상하 영상을 정렬할 때 정렬오류가 발생한다. 본 논문에서는 이를 해결하기 위해 얼굴 형태와 가장 유사한 타원체형 모델을 사용함으로써 기존 방법에서 나타났던 텍스처 생성 결과 오류를 해결한다. 타원체형 모델은 좌우 곡률 뿐만 아니라 상하 곡률까지도 고려하여 정합을 한다.

본 논문에서 제안하는 사실적인 3차원 얼굴모델 생성 시스템은 크게 입력 영상 정렬과 영상 모자이크 두 단계로 구성된다. 그림 1은 전체 시스템에 대한 개요도이다. 입력 영상 정렬 단계에서는 타원체형 모델의 가변적 블록크기를 기반으로 하는 영상정렬 알고리즘을 사용해서 입력 영상을 정렬한다. 이것은 두상을 타원체형으로 가정하고 각각 다른 각도에서 촬영한 2차원 얼굴영상을 정렬하는 방법으로 블록정합 알고리즘을 사용한다. 획득된 영상을 정합할 때에는 얼굴모델의 상하좌우 곡률을

고려한다. 블록에 대한 칼라와 텍스처 특징을 추출한 후 정합 유사도가 가장 높은 후보블록을 정합될 블록으로 선택하고 이로부터 변위 벡터를 계산한다. 영상 모자이크 단계에서는 얼굴 텍스처 영상을 생성하기 위하여 영상 스티칭 기법을 사용하며 크로스디졸브 기법을 적용한다[3].

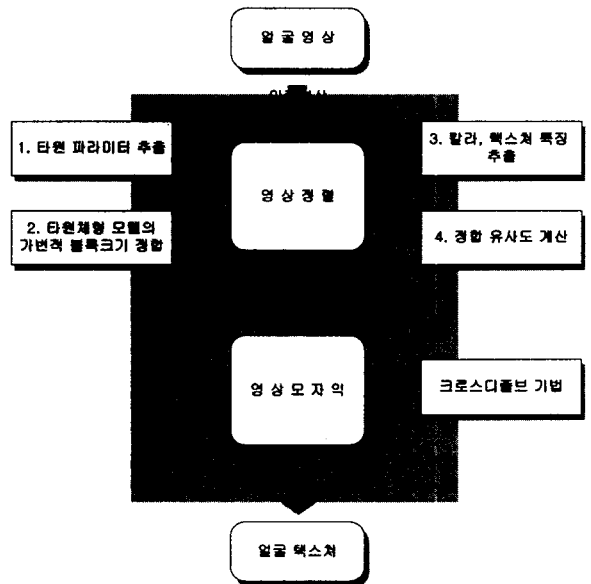


그림 1. 전체 개요도

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 타원체형 모델을 사용하기 위하여 타원 파라미터를 추출하는 과정을 보여주고, 3장은 기존의 영상정렬 알고리즘의 문제점과 해결방법에 대하여 비교하여 설명한다. 4장은 정렬된 영상을 영상 모자이크 기법을 사용하여 얼굴 텍스처를 생성하는 방법을 설명한다. 5장은 실험결과를 설명하고 6장은 결론을 기술한다.

2. 타원 파라미터 추출

타원체형 모델을 사용하여 영상을 정렬하기 위해서는 타원 파라미터인 단축 r_x 와 장축 r_y 를 결정하여야 한다. 그림 2에서는 영상 프로젝션을 이용한 타원 파라미터를 보여준다. 그림 2에서 r_x , r_y 는 두상영상을 이진화한 후 각각 수평, 수직으로 프로젝션 시켜서 결정한다.

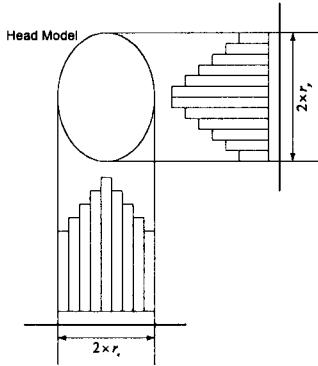


그림 2. 영상프로젝션을 이용한 타원 파라미터 추출

식 (1)에서 $I(x,y)$ 는 이진화된 두상영상이고 $P_h(x)$ 는 이진영상의 x 위치에서 y 축에 대한 검은색 픽셀의 총 개수이며 $P_h(y)$ 는 이진영상의 y 위치에서 x 축에 대한 검은색 픽셀의 총 개수를 의미한다. x_{min} 은 $P_h(x)$ 에서 0이 아닌 x 값 중 처음 나타나는 최소 값으로 두상의 좌측경계가 되고 x_{max} 는 최대 값으로 두상의 우측경계, y_{min} , y_{max} 는 각각 두상의 상단과 하단경계가 된다.

$$r_x = \frac{|x_{min} - x_{max}|}{2}, r_y = \frac{|y_{min} - y_{max}|}{2} \quad (식 1)$$

$$p_h(x) = \sum_y I(x,y), p_h(y) = \sum_x I(x,y)$$

$$\text{where } \begin{cases} x_{min} = \min_x \{p_h(x) > 0\} \\ x_{max} = \max_x \{p_h(x) > 0\} \\ y_{min} = \min_y \{p_h(y) > 0\} \\ y_{max} = \max_y \{p_h(y) > 0\} \end{cases}$$

3. 타원체형 모델의 영상정렬 알고리즘

자연스럽고 실감 있는 얼굴 텍스처 영상을 생성하기 위하여 타원체형 모델의 영상정렬 알고리즘을 사용한다. 부정확한 각도에서 얻어진 얼굴영상들을 정렬할 때 발생하는 텍스처 생성 결과 오류를 해결하기 위해 얼굴모델을 얼굴과 가장 유사한 타원체형 모델로 정의한다. 그리고 얼굴모델로부터 획득한 2차원 얼굴영상을 정렬하기 위하여 가변적 블록크기를 기반으로 하는 블록정합을 수행한다. 이때, 가변적 블록크기를 사용하는 이유는 얼굴모델의 기하학적인 특징인 곡률을 고려하기 때문이다. 그런데 기존 방법에서 사용한 실린더형 모델은 얼굴의 좌우 곡률만을 고려한 반면 본 논문에서 제안한 타원체형 모델은 좌우 곡률뿐만 아니라 상하 곡률까지도 고려하여 정합을 함으로써 더 정확한 정렬을 할 수 있다.

3.1 가변적 블록 크기 계산

3차원 모델을 촬영한 2차원 영상에 대해 동일한 크기의 블록을 사용한 일반적인 블록정합 알고리즘을 사용할 경우 모델의 곡률 때문에 영역간의 오차가 발생하게 된다. 또한 이를 개선한 실린더형 원형모델의 경우는 상하 곡률을 고려하지 않는 단점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 모델의 상하좌우 곡률에 따라 가변적인 블록크기를 적용한다.

타원체형 3차원 모델에 대한 2차원 영상의 블록 크기들 식 (2)(3)과 같이 정의한다. 식 (2)에서 BW 는 얼굴모델의 좌우 곡률을 고려한 가변적 블록의 너비이고 식 (3)에서 BH 는 얼굴모델의 상하 곡률을 고려한 가변적 블록의 높이가 된다. 여기서 블록크기는 Superellipse 모델의 경계선 함수를 사용하여 타원상의 점 $b(x,y)$ 를 계산함으로써 구할 수 있다[4]. 식 (2)(3)에서 θ_{Div} 는 3차원 모델을 동일한 각도로 나누는 분할 각도이고 n 은 3차원 모델을 임의의 한 방향에서 볼 수 있는 0° 에서 180° 까지의 시야를 분할각도 θ_{Div} 로 분할할 때 2차원 영상에 생성되는 블록열과 행의 인덱스이다. r_x 는 타원체의 단축의 길이이고 r_y 는 장축의 길이이다. h_n 과 v_n 은 2차원 영상에 프로젝션된 블록 각각의 크기이며 x_n 과 y_n 은 2차원 영상에 프로젝션된 블록 전체의 크기를 의미한다.

$$\begin{cases} BW = h_n \\ h_1 = x_1 \\ h_n = x_n - \sum_{i=1}^{n-1} h_i \\ x_n = r_x \cos(n\theta_{Div}) \end{cases} \quad (식 2)$$

$$\begin{cases} BH = v_n \\ v_1 = y_1 \\ v_n = y_n - \sum_{i=1}^{n-1} v_i \\ y_n = r_y \sin(n\theta_{Div}) \end{cases} \quad (식 3)$$

$$\text{where } 0 < \theta_{Div} < \frac{\pi}{4}, 1 \leq n \leq \frac{\pi}{2\theta}$$

그림 3은 타원체형 모델을 동일한 각도 θ_{Div} 로 분할했을 때 2차원 영상에서 모델의 곡률에 따라 영상 중심을 기준으로 영상의 상하 또는 좌우측으로 갈수록 블록의 크기가 작아지는 가변적인 블록이 생성됨을 보여준다. 그림 3에서 블록열과 행의 인덱스 n 이 음수 값을 가지면 2차원 영상에서 중심을 기준으로 좌측이나 하단영역의 블록이 되고 양수 값이면 우측이나 상단영역의 블록이 된다.

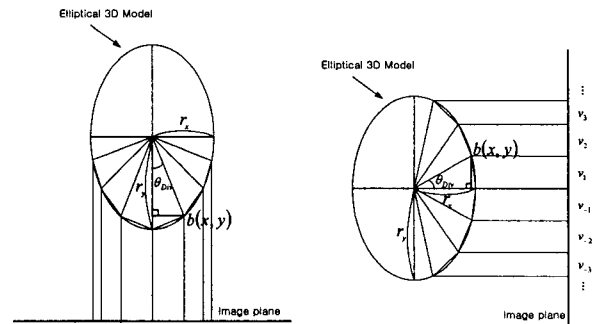


그림 3. 단축과 장축의 곡률에 따른 가변적 블록 크기

3.2 정합 유사 함수의 정의

블록정합을 수행하기 위해 영상간의 상관관계를 잘 나타낼

수 있는 칼라특징과 텍스처 특징을 사용한다. 칼라특징은 명암의 밝기 변화에 안정적인 YIQ 칼라모델을 사용하고 색상분포가 균일한 영역에서 발생 가능한 정합 오류 문제를 보완하기 위하여 영상의 텍스처 정보를 사용한다.

식 (4)에서 $M_{color}(B_i)$ 는 i 번째 블록에 대한 칼라 특징의 유사도를 나타내며 $C_{B_i}^{\theta_1}$ 는 θ 각도 영상의 i 번째 블록에 대한 칼라 특징을 의미한다[5].

$$M_{color}(B_i) = \left| \frac{C_{B_i}^{\theta_1} - C_{B_i}^{\theta_2}}{C_{max}} \right| \quad (식 4)$$

$$C_{B_i}^{\theta_1} = \frac{1}{M \times N} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} I(x+i, y+j)$$

식 (5)에서 $M_{texture}(B_i)$ 는 i 번째 블록의 텍스처 특징에 대한 유사도를 나타내며 $\Psi_{m\theta}$ 는 가보 웨이블릿 커널을 나타낸다. 이때 m 과 θ 는 커널의 크기와 방향을 결정한다[6].

$$M_{texture}(B_i) = \left| \frac{T_{B_i}^{\theta_1} - T_{B_i}^{\theta_2}}{T_{max}} \right| \quad (식 5)$$

$$T_{B_i}^{\theta_1} = \sum_{x=i}^{M-1} \sum_{y=j}^{N-1} I(x+i, y+j) \cdot \Psi_{m\theta}(x, y)$$

3.3 변위 벡터 계산

기준 블록과 후보블록들을 정합 시 상대적 위치가 90° 이내의 영상들을 정합하고 정합순서는 좌우방향에서 획득된 영상을 정합한 후 상하방향에서 획득한 영상을 정합한다. 마지막으로 상하 두 과정을 통해 획득된 영상을 정합한다. 두 영상을 정렬하는데 기준블록과 정합된 블록간의 변위는 기준 블록에 대한 후보블록들의 정합 유사도를 계산한 뒤 이 중에서 최대 정합 유사도를 가지는 블록을 정합될 블록으로 결정하고 기준 블록에 대한 이 블록의 상대적 위치를 변위 벡터로 정의한다.

4. 영상 모자이크

얼굴 텍스처 영상을 생성하기 위하여 영상 스티칭 기법을 사용하며 영상들이 서로 잘 융합하도록 크로스디졸브(cross dissolve) 기법을 적용한다. 영상들을 스티칭할 때 중첩된 영역의 크기에 따라 각각의 영상에 대하여 반비례 관계를 가지는 선형적인 가중치를 부여함으로써 보다 자연스러운 텍스처를 생성할 수 있다.

5. 실험 및 결과

그림 4는 상하 5방향과 좌우 8방향의 입력영상을 타원체형 모델의 영상정렬 알고리즘을 사용하여 생성한 얼굴 텍스처의 생성결과를 보여준다.



그림 4. 얼굴영상을 이용한 텍스처 생성결과

그림 5에서는 3차원 얼굴모델에 생성된 텍스처를 매핑한 결과를 보여준다.

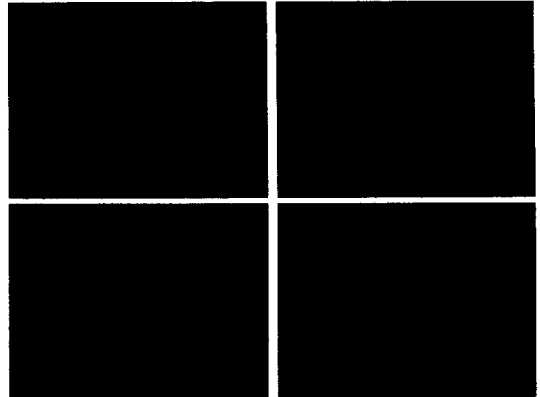


그림 5. 3차원 모델에 텍스처를 매핑한 결과

6. 결론

본 논문에서는 타원체형 모델의 가변적인 블록크기를 기반으로 하는 영상정렬 알고리즘을 사용하여 얼굴 텍스처 영상을 생성하는 방법을 제안하였다. 타원체형 모델의 기하학적인 특징인 곡률을 고려하여 정합 시 상하좌우 곡률을 고려하고 영상의 상관관계를 이용하여 영상을 정렬하므로 영역간의 오차가 발생하는 문제점을 해결하였다. 본 논문에서 제안한 알고리즘의 응용분야는 얼굴 모델링뿐만 아니라 타원체형 모델의 기하학적인 특성을 갖는 모든 객체에 사용하여 자연스러운 텍스처를 획득할 수 있으므로 그 활용범위가 넓다.

Acknowledgement

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구 (ROI-2202-000-00561-0 (2202)) 지원으로 수행되었음.

참고 문헌

- [1] Jose D. R. Wey, Joao A. Zuffo, "InterFace : a Real Time Facial Animation System", Anais do XI SIBGRAPI, October, 1998.
- [2] Joongjae Lee, Hyungil Choi, "An Image Registration Algorithm Based on Cylindrical Prototype Model", Lecture Notes in Computational Science-ICCS2001, pp.37-43. 2001.
- [3] Sandeep Ghael, Gregory Chew, "Creating Image Mosaics", EE392J-Digital Video Processing, (Winter '00).
- [4] Ryosuke Motani, "Estimating body mass from silhouettes : testing the assumption of elliptical body cross-sections", Paleobiology, 27(4), pp.735-750, 2001.
- [5] Luis Torres, Jean-Yves Reutter, Luis Lorente, "The Importance of the Color Information in Face Recognition", Proceedings of the 1999 International Conference on Image Processing (ICIP '99), Kobe, Japan, October 627-631, 1999.
- [6] Xiaou Tang, "Texture Information in Run-Length Matrices", IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 7, No. 11, November, pp. 1602-1609, 1998.