

원통형 모델을 이용한 포즈와 조명 불변 얼굴인식

노진우, 김상준, 박귀태

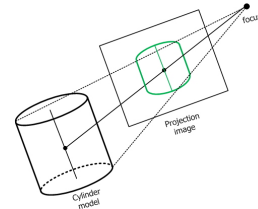
고려대학교 전기전자공학과 지능시스템연구소

Pose and Illumination Invariant Face Recognition Using Cylindrical Model

Jin-Woo Noh, Sang-Jun Kim, Gwi-Tae Park

Korea University Electrical Engineering Department, Intelligent System Research Laboratory

**Abstract** - 본 논문에서는 실린더 모델을 이용하여 머리의 다양한 포즈 변화와 조명 변화에 대해 강인한 얼굴 인식을 제안하고자 한다. 실린더 모델은 사람의 머리가 실린더 모양과 유사하고 그 표면은 얼굴에 해당된다고 가정한다. 실린더 모델은 6가지의 모션 파라미터를 따라 움직이며 Lucas-Kanade 알고리즘에 의해 모션 파라미터의 양을 결정한다. 강인한 동작을 위해 템플릿을 지속적으로 바꿔주는 동적 템플릿(dynamic template)방법과 그에 따른 에러가 누적되는 것을 막기 위해 re-registration 방법을 사용한다. 조명 문제를 해결하기 위해 템플릿에서 조명 주성분 벡터를 추출하여 제거하는 방법으로 조명 효과를 제거한다. 실험에서는 다양한 포즈 변화와 조명 변화가 반영된 얼굴 데이터베이스를 구축하고 추출한 텍스처 맵(texture map image)을 SVM에 적용함으로써 포즈, 조명 변화에 강인한 얼굴인식을 보인다.



〈그림 1〉 평면에 투영시킨 실린더 모델

1. 서 론

얼굴 인식에 관한 연구는 컴퓨터 비전에서 자주 다루어지는 연구 분야이다. 강인한 얼굴 인식을 위해서 선행 작업인 얼굴 검출이 이루어지는데 이는 중요한 부분을 차지한다. 얼굴 검출에는 2차원 영상 기반의 모델이 많이 사용되어왔고 다양한 환경에서도 강인하게 동작 할 수 있는 얼굴 검출 기술 연구가 많이 진행되어 왔다. 그러나 근본적으로 2차원이라는 한계 때문에 포즈나 조명 변화에 잘 동작할 수 없는 문제를 갖고 따라서 최근에는 이러한 한계를 극복 할 수 있는 3차원 모델에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있는 추세이다.[1]

3차원 모델은 머리의 움직임을 추적하는데 유용하며 대표적으로 실린더 모델[2], 타원형 모델[3]과 head-like 3D shape 모델[4]이 있다. 이 중 실린더 모델은 다른 모델에 비해 형태가 단순한 까닭에 움직임을 위해 필요한 파라미터의 수도 적고 초기화에 덜 민감하다. 또한 다양한 포즈에 잘 동작하는 특징을 갖기 때문에 위와 같은 문제를 해결하기에 적합하다.

본 논문에서는 실린더 모델을 이용하여 포즈변화나 조명변화에 대해서도 잘 동작하는 얼굴 인식을 제안하고자 한다.

2. 본 론

2.1 실린더 모델을 이용한 얼굴 추적

실린더 모델은 사람의 머리가 실린더와 유사하고 얼굴은 그 표면에 가깝다고 가정한다. 실린더는 사람에 따라 다르게 결정되며 초기화가 중요하다. 추적하는 과정에서 사람의 머리 움직임을 따라 실린더도 움직이게 되는데 이때의 움직임은 공간상의 회전을 결정하는 3개의 파라미터와 이동을 결정하는 3개의 파라미터로 구성된 총 6개의 모션 파라미터  $\mu = [w_x, w_y, w_z, t_x, t_y, t_z]$ 를 따라 움직인다. 시간 t에서의 공간좌표  $X = [x, y, z]^T$ 는 식 (1)과 같이 결정된다.[5]

$$X(t+1) = R \cdot X(t) + T = \begin{bmatrix} 1 & -w_z & w_y \\ w_z & 1 & -w_x \\ -w_y & w_x & 1 \end{bmatrix} \cdot X(t) + \begin{bmatrix} t_x \\ t_y \\ t_z \end{bmatrix} \quad (1)$$

움직인 실린더를 영상 평면으로 투영시키면 투영된 이미지를 얻게 된다.

$$u(t+1) = \begin{bmatrix} x(t+1) \\ y(t+1) \\ z(t+1) \end{bmatrix} \cdot \frac{f_L}{z(t+1)} = \begin{bmatrix} x - yw_z + zw_y + t_x \\ xw_z + y - zw_x + t_y \end{bmatrix} \cdot \frac{f_L}{-xw_y + yw_x + z + t_z} \quad (2)$$

추적 방식은 일반적으로 얼굴 추적에 많이 사용되는 Lucas-Kanade 알고리즘을 사용한다.[6] 이를 이용하면 투영된 이미지가 템플릿(template)에 가까워지도록 현재의 실린더에서 더 업데이트 할 모션 파라미터의 양을 계산할 수 있다.(4) 이 때 이 값을 현재 모션 파라미터에 업데이트 시켜준다. 이 과정을 여러 번 반복할수록 투영된 이미지는 템플릿에 더욱 가까워지게 된다.

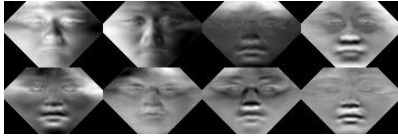
$$\min E(\mu) = \sum_{u \in \Omega} (I(F(u, \mu + \Delta\mu)) - T(u))^2 \quad (3)$$

$$\Delta\mu = \left( \sum_{\Omega} (I_u F_{\mu})^T (I_u F_{\mu}) \right)^{-1} \sum_{\Omega} ((T(u) - I(F(u, \mu))) (I_u F_{\mu})^T) \quad (4)$$

실린더 모델의 강인한 동작을 위해서 다양한 기법들도 사용된다. 얼굴의 한 부분만을 나타내는 단일 템플릿을 사용하면 얼굴의 모든 부분을 나타내진 못하므로 얼굴의 다양한 움직임을 따라가는데 한계가 생긴다. 이를 위해 템플릿을 지속적으로 바꿔주는 데, 이 기법을 동적 템플릿이라 부른다.[2] 이는 영상의 경우 시간 t-1프레임에서 추적된 이미지를 시간 t프레임에서의 템플릿으로 사용한다.

추적하는 동안 동적 템플릿을 사용하면 에러가 누적되는데 이는 사람의 머리가 실린더와 정확히 일치하지 않는데서 발생한다. 이 누적에러를 적절히 초기화해야할 필요가 생기는데 이는 re-registration 기법을 통해 가능하다.[2] 추적하는 과정에서 누적에러가 작을 때 입력이미지와 그에 해당되는 모션 파라미터를 저장해둔다. 누적에러가 일정 수준을 넘어서게 되면 그 때 모션 파라미터에 근접한 이미지를 템플릿으로 등록 시켜줌으로서 누적에러를 초기화한다.

대부분의 얼굴 추적에서 조명 변화는 큰 문제가 되고 있다. 동적 템플릿을 이용하면 서서히 변하는 조명 변화 문제를 해결할 수 있다. 다른 방법으로는 주성분 추출법(PCA)을 이용하여 초기 조명 상태를 템플릿에 반영해주는 방법을 이용할 수 있다.[7] 이는 여러 조명 상황을 고려한 얼굴 이미지들에 대해 주성분 추출법(PCA)을 적용시켜 조명 주성분 벡터를 추출하고 이에 조명 상황에 맞는 적절한 계수를 템플릿에 반영하는 방법으로 조명 효과를 제거 하는 방법이다.



〈그림 2〉 조명 주성분 이미지

## 2.2. 얼굴 인식

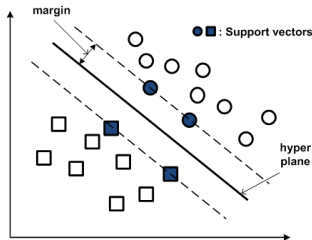
얼굴 인식에서 실린더 모델을 이용하면 포즈 변화나 조명 변화에 대해 보다 나은 동작을 기대 할 수 있다. 실린더 모델이 머리를 추적한 후에 실린더를 평면과 같이 펼칠 수 있는데, 이 때 텍스처 맵을 얻게 되며 이를 얼굴 인식에 이용한다.



〈그림 3〉

texture map Image

SVM은 학습 알고리즘이며 최적의 인접벡터(Support Vector)를 구해 내어 마진(margin)의 크기를 최대로 만드는 하이퍼 플레인(hyper plane)을 찾게 된다.[8] 이를 이용하여 데이터를 구분해 낼 수 있다. 비선형 문제의 경우 커널 함수(kernel function)를 이용하여 고차원의 선형으로 근사화 시킨 후 마진을 조절하여 하이퍼 플레인을 구할 수 있게 된다. 이에 따라 분류된 데이터를 통해 나중에 입력된 데이터가 어느 쪽에 속하는지를 판단할 수 있게 된다.



〈그림 4〉

Support Vector Machine

본 논문에서는 다양한 포즈와 여러 조명조건이 반영된 얼굴 데이터베이스를 구축하고 텍스처 맵을 추출한 뒤 SVM을 적용하여 학습시킴으로써 얼굴인식에 이용해 보고자 한다.

## 3. 실험 및 고찰

SVM에 적용하는 실험을 위하여 20명의 사람 각각의 머리 포즈변화와 조명 조건이 반영된 214장의 얼굴 사진을 학습에 이용하였다. 학습에 이용된 얼굴 사진 외에 포즈 변화와 조명 변화가 반영된 사진을 각각 20장씩 추출하여 인식률을 테스트하는 실험을 하였다.

비교 실험을 위해 2D 기반 모델에서 추출한 얼굴 사진도 학습시키고 같은 테스트를 하였다.

### 〈표 1〉 실험 결과

	2D 기반 모델		실린더 모델(3D 모델)	
	포즈 변화	조명 변화	포즈 변화	조명 변화
성공 횟수	11/20	4/20	20/20	18/20
인식률	55%	20%	100%	90%

2D 기반 모델에 비해 3D 기반 모델인 실린더 모델이 얼굴 인식에서 월등한 성능을 보임을 확인 할 수 있다.

## 4. 결 론

본 논문에서는 다양한 포즈 변화와 조명 변화에 대해 강인한 얼굴 인식을 위해 3차원 모델중 하나인 실린더 모델을 이용함을 제안하였다. 실린더 모델은 단순한 형태로 구현이 쉽고, 다양한 포즈 변화에 잘 동작하는 장점을 갖는다. 실험에서는 실린더 모델을 이용하여 텍스처 맵을 추출하였으며 이를 SVM에 적용하여 학습시키는 방법으로 얼굴 인식을 하였다. 다양한 포즈와 조명 변화에 대해 평균 95%정도의 높은 인식률을 보이는 결과를 얻을 수 있었다.

### [참 고 문 헌]

- [1] Romdhani, S, Ho, J, Vetter, T, Kriegman, D. J, "Face recognition using 3-D Models : Pose and Illumination", Proceeding of the IEEE, volumn 94, pp.1977-1999, 2006
- [2] Jing Xiao, Kanade T, Cohn J F, "Robust Full-Motion Recovery of Head by Dynamic Templates and Re-registration Techniques", Proceedings. fifth IEEE international Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, pp.156-162, 2002.
- [3] Basu, S., Essa, I., Pentland, A. "Motion Regularization for Model-based Head Tracking. In", ICPR. Proceedings of The International Conference on Pattern Recognition, vol.3, p.611, 1996
- [4] Maciu, M., Preteux, F. "A robust model-based approach for 3D head tracking in video sequence.", Proceedings of the Fourth IEEE International conference on Automatic Face and Gesture Recognition., p169, 2000
- [5] R.M. Murray, Z.Li, and S.S. Sastry, "A Mathematical Introduction to Robotic Manipulation", CRC press, 1994
- [6] Simon Baker and Iain Matthews, "Lucas-Kanade 20 Years on : A Unifying Framework: Part 1"
- [7] Wooju Ryu, Daijin Kim, "Real-time 3D Head Tracking Under Rapidly Changing Pose, Head Movement and Illumination", ICIAR 2007, LNCS 4633. pp.569-580, 2007
- [8] Vladimir N. Vapnik, "An Overview of Statistical Learning Theory", IEEE Transactions on Neural Networks, Vol 10, No 5, pp.213-236, 1999