

심도카메라 기반의 실시간 얼굴 나이 인식 시스템 설계

고기남*, 문남미*

*호서대학교 벤처전문대학원 융합공학과

e-mail : kinamilife@gmail.com

A Design of Real-time Facial Age Recognition System based on Depth-Camera

Ginam Ko*, Nammee Moon*

*Dept. of Convergence Engineering, Hoseo Graduate School of Venture

요 약

본 논문에서는 심도(Depth) 카메라로부터 실시간 획득한 RGBD 데이터에서 심도 정보 기반의 AAM(Active Appearance Models)과 나이 인식 알고리즘[1]을 통해 4 개의 AG(Age Group)으로 분류하는 실시간 얼굴 나이 인식 시스템(Real-time Facial Age Recognition System)을 설계한다. 기존의 AAM 을 이용한 실시간 얼굴 특징 추출은 평균 약 4.17%의 프레임 손실율을 보였으나, 심도 정보를 활용한 AAM 은 평균 약 0.43%의 프레임 손실율만을 보였다[5]. 본 논문에서는 심도 정보를 활용한 AAM 과 병렬 처리 방법인 CUDA 를 결합하여 나이 특징을 추출하고, 실시간 시스템에 적용 가능하도록 나이 인식 알고리즘을 개선하여 실시간 나이 인식 시스템을 설계한다. 설계된 시스템은 1)머리 위치 추적, 2)얼굴 인식 및 특징점 추출, 3)나이 특징 추출, 4) 나이 특징 분석, 5) 나이 분류의 5 가지 단계를 통해 최종적으로 4 개의 AG 로 분류한다.

1. 서론

최근 디지털 카메라, 웹캠과 같은 영상 센서의 보급으로 영상 센서에서 획득한 영상에서 인간의 신체, 특징, 행동을 인식하는 연구의 필요성이 증가하고 있다. 또한, 인간의 얼굴이 포함된 영상에서 얼굴 정보를 자동으로 인식하기 위해 얼굴 인식, 얼굴 검출, 얼굴 특징 추출, 얼굴의 표정 인식, 성별 인식, 얼굴 나이 인식에 관한 연구가 진행되었다[1][2][3][4].

이 중, 얼굴 나이를 인식하는 연구는 성인 인증의 자동화, 디지털 카메라의 응용, 타겟(Target) 광고 등 필요성이 점차 증가하고 있으나, 1) 인간의 얼굴은 각 개인마다 다르므로 수 많은 종류의 얼굴이 존재함, 2) 인간을 인식하는 것 자체의 부정확함, 3) 나이를 자동으로 구분하기에 적합한 양의 데이터의 부족함의 세 가지 이유로 어려움을 겪고 있다[1][4].

그럼에도 불구하고 나이를 인식할 수 있는 얼굴 특징들을 구분하기 위해 인체 측정학(Anthropometry) 및 두개골 성장 이론(Craniofacial Development Theory)의 활용, 다양한 자세, 인종, 나이, 성별의 얼굴 영상 데이터를 가지고 있는 FG-Net 데이터베이스의 등장 및 활용 등의 다양한 연구들로 발전되어 왔다[3].

또한, AAM 의 활용으로 보다 정확한 얼굴 검출 및 특징점 추출이 가능하게 되었으며, 기존 RGB 영상 센서가 아닌 RGBD 영상을 획득할 수 있는 심도 카메라의 활용으로 실시간 동영상에서 보다 정확하고 빠르게 얼굴 특징 추출이 가능하게 되었다[5][6][7].

본 논문에서는 두 개의 심도(Depth) 카메라 기반의

실시간 피플카운팅 시스템에서 획득한 RGBD 데이터를 바탕으로 머리 위치를 추적하고, 심도 정보 기반의 AAM 을 통해 얼굴 특징을 추출한 후[5], 얼굴 특징을 기반으로 나이 특징을 추출 및 분석하여 4 개의 AG 로 분류하는 실시간 나이 인식 시스템을 설계한다[1][5][7].

2. 관련 연구

RGB 영상에서 얼굴을 검출하는 기법은 얼굴 인식에 관련된 다양한 응용 분야의 기본이 되는 기술로, 여러 가지 얼굴 영상 응용 연구에서 가장 처음 이루어지는 단계이다. 대표적인 얼굴 검출 기법에는 얼굴 특징의 상호관계를 이용하는 Knowledge 기반 방법, 얼굴의 생김새를 이용한 Feature 기반 방법, 얼굴 Template 과 얼굴을 비교하는 Template 기반 방법, 얼굴 전체를 얼굴과 비얼굴로 학습시켜 얼굴을 추론해 검출하는 Appearance 기반 방법의 4 가지 방법이 있으며, 검출된 얼굴 및 특징을 인식하는 기술은 대표적으로 PCA(Principal Component Analysis), ICA(Independent Component Analysis), Gabor Wavelet, AAM, 3D Morphable Model 의 5 가지 기술이 있다. 하지만 각각의 얼굴 인식 기술은 정확도, 인식 속도, 인식 가능한 얼굴 영상 크기, 특징점 추출 성능 등 각각의 장점과 단점이 존재하고 있다[2][3][8].

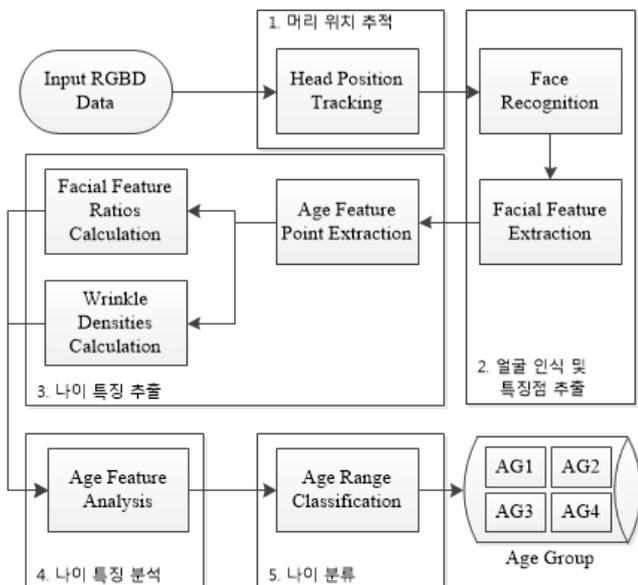
하지만 Microsoft 의 Kinect 센서와 같은 심도 카메라의 보급으로 RGBD(D: Depth) 데이터를 활용할 수 있게 되었으며, M. Zhou 등의 Temporal Matching 과 얼굴

굴 세분화를 통한 AAM 연구와 Q. Jin 등의 Depth AAM Algorithm 연구에서 실시간 RGBD 데이터의 비교적 작은 크기의 얼굴 영상에서도 AAM 을 통해 빠르게 얼굴 검출, 인식이 가능하게 되었다[5][6].

얼굴 나이 인식 방법은 나이 인식에 사용되는 특징에 따라 크게 전역적 특징(Global Feature), 지역적 특징(Local Feature) 그리고 두 가지 모두를 사용하는 것으로 구분되며[4], Y. Kwon 등이 처음으로 전역적 특징을 활용한 얼굴 나이 인식 연구에서 유아에 대해 68% 정도의 정확도를 보였다. Ramanathan 등은 FG-NET DB 와 자체 DB 에서 유아에 대해 8~15% 정도 향상된 결과를 보였고, Lanitis 등은 AAM 을 활용한 나이 인식 연구에서 63~71%의 정확도를 보였다. 하지만 전역적 특징만의 나이 인식 방법은 얼굴의 성장이 멈추는 청소년기 이후에는 낮은 인식률을 보이는 단점을 가지고 있다[1][3]. X. Geng 등은 AGES(AGing pattErn Subspace)로 FG-NET 과 MORPH DB 에서 MAE(Mean Absolute Error) 6.22 세의 결과를 얻었으나, 많은 양의 데이터를 학습시켜야 하는 단점이 있었다[8]. 최성은은 전역적 특징과 지역적 특징을 결합하여 MAE 4.72 세의 결과를 얻었으나 640x480 크기의 비교적 큰 크기의 얼굴 영상을 필요로 하였다[4]. M. M. Dehshibi 등은 구축한 Iranian Face DB 에서 얼굴 특징 비율(Facial Feature Ratios)과 주름 밀도(Wrinkle Densities)를 활용하여 나이를 인식할 수 있는 새로운 알고리즘을 제안하였고, 86.64%의 인식율을 보였다[1].

3. 실시간 나이 인식 시스템 설계

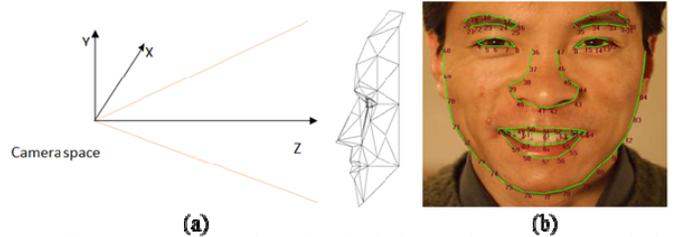
본 논문에서 제안된 시스템은 (그림 1)과 같이 구성되어 있으며, 총 5 가지 단계로 수행된다.



(그림 1) 실시간 나이 인식 시스템 구성도

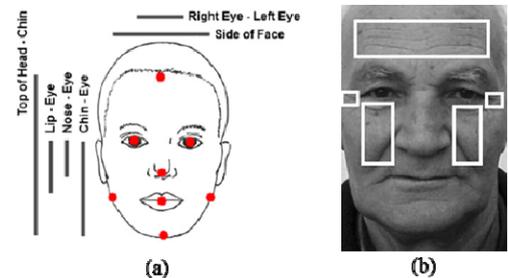
- 1) 머리 위치 추적: 실시간 시스템의 특성 상 객체(사람) 등장 시 영상 센서가 아닌 다른 방향을 바라보고 있다면, 적절한 얼굴 영상을 획득할 수 없다. 따라서 얼굴 영역이 가능한 시점까지 머리 위치를 추적한다[7][9].

- 2) 얼굴 인식 및 특징점 추출: 총 86 개의 특징점과 심도 정보를 사용하여 얼굴을 인식하고 특징점을 추출한다[10].



(그림 2) (a) 심도 정보와 카메라 공간, (b) 총 86 개의 얼굴 특징점[10]

- 3) 나이 특징 추출: 2 단계에서 추출한 86 개의 얼굴 특징점 중 8 개의 나이 특징점을 선택하고, [1]에서 제안한 이마, 양쪽 눈가, 눈 밑부터 양쪽 코 옆까지의 총 5 개의 주름 영역을 추출한다.



(그림 3) (a) 얼굴 특징 비율을 위한 8 개의 얼굴 특징점, (b) 5 개의 주름 영역[1]

- 4) 나이 특징 분석: 8 개의 나이 특징점을 [1]의 나이 인식 알고리즘으로 7 개의 얼굴 특징 비율을 계산하고, 각 주름 영역에 대한 주름 밀도를 계산한다.
- 5) 나이 인식 및 분류: 얼굴 특징 비율과 주름 밀도를 Neural Network 를 통해 각각의 얼굴을 4 개의 나이 그룹(Age Group, AG)으로 분류한다.

[1]에 따라 계산된 얼굴 특징 비율과 주름 밀도를 바탕으로 마지막 5 단계인 나이 인식 및 분류 단계에서 Neural Network 를 통해 총 4 개의 AG로 분류한다. 본 논문에서는 나이 그룹을 AG1(20 세 미만), AG2(20 세~30 세), AG3(31 세~50 세), AG4(51 세 이상)으로 설정하였다. AG 를 구분하기 위해 다양한 나이대의 대상을 실시간 RGBD 데이터로 실험하여 조정된 임계값이 필요하다.

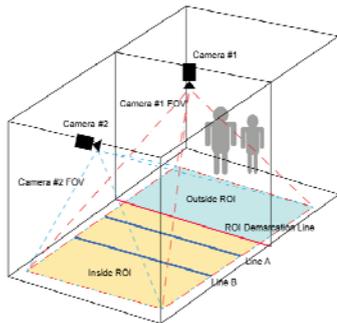
4. 구현 계획

3 장에서 설계한 실시간 나이 인식 시스템을 구현하기 위해 Intel Core i5 2.67GHz, 8GB RAM 로 구성된 시스템에서 Windows 7 64bit 환경을 구성하였으며, 많은 양의 RGBD 영상 정보를 보다 수월하게 연산할 수 있는 병렬 프로그래밍 방법인 CUDA 를 적용하기 위해 GeForce GTX 680 을 장착하였다. 구성된 환경에서 Visual Studio 2012 를 통해 C++을 기반으로 OpenCV 2.4.2, Kinect SDK 1.5, CUDA 4.2 로 구현한다.



(그림 4) 구현 중인 실시간 나이 인식 시스템의 (a) 얼굴 인식 및 영역 검출 예제, (b) 얼굴 인식에 사용되는 특징점 마스크(Mask)

본 논문의 실시간 나이 인식 시스템은 (그림 5)와 같이 구성된 두 개의 심도 카메라를 사용하는 피플카운팅 시스템에 적용된다. (그림 5)의 Camera #2 에서 640x480 크기의 RGBD 데이터를 기반으로 하며, 카운팅 되는 사람의 부가 정보를 추출 및 활용하기 위해 설계하였다. 나이 인식 시스템은 피플카운팅 시스템에서 인식된 객체(사람)가 Line A 를 넘어 Line A 와 Line B 사이에 위치한 시점에 나이 인식을 수행하게 되며, 실시간 추적되어 고유 번호가 할당된 객체(사람)에 한해 수행하게 된다.



(그림 5) 실시간 나이 인식 시스템의 적용 대상인 피플카운팅 시스템 구성도

나이 인식 시스템을 구현한 후, 피플카운팅 시스템에 적용 및 실험하기 위해 철제 앵글을 이용하여 폭 2m, 높이 2.5m 의 가상 통로를 구성하였으며, 심도 카메라의 높이는 실험을 통해 2.3~2.5m 높이 사이에 가장 얼굴 인식이 용이한 위치에 설치하도록 구성할 계획이다.

5. 결론 및 향후 계획

심도 카메라의 경우 Kinect 센서를 발표한 후 빠르게 보급되고는 있지만, 이를 활용한 얼굴 검출, 인식 등은 많이 다루어지고 있는 반면에, 심도 정보를 이용한 나이 인식에 대한 연구는 상대적으로 부족한 편이다. 실시간 영상 데이터를 대상으로 비교적 작은 크기의 얼굴 영상에서 나이 인식을 수행하는 연구는 보다 많이 실생활에 응용 및 서비스 될 수 있는 가능성이 존재한다.

본 논문에서는 실시간으로 획득한 RGBD 영상 정보를 대상으로 얼굴 나이를 인식하는 시스템에 대해 설계를 하였으나, AG 를 구분하는 기준을 정하는 임계값에 대한 충분한 실험이 필요하다. 또한, 제안 시스

템을 구현하고, 다양한 나이대별 사람을 대상으로 실험을 진행하여 성능을 검증해야 하는 과제가 남아있다. 하지만, 제안한 실시간 나이 인식 시스템이 실생활에 적용된다면, 피플카운팅 시스템과 함께 성인 혹은 보안 시설의 통제, 대형 쇼핑몰 등 복합 공간의 입장객 분석 등과 같이 다양한 응용 서비스가 가능해질 것이라 기대한다.

참고문헌

- [1] M. M. Dehshibi, A. Bastanfard, "A New Algorithm for Age Recognition from Facial Images", *Signal processing* 90 (2010) 2431-2444, 2010
- [2] 강이철, "로봇의 시각센서에 기반한 연령 및 성별 인식 기법", 부산대학교 대학원 멀티미디어협동과정 공학박사 학위논문, 2009
- [3] Yongzhong Lu, Jingli Zhou, Shengsheng Yu, "A Survey of Face Detection, Extraction and Recognition", *Computing and Informatics*, Vol. 22, 2003
- [4] 최성은, "얼굴 영상의 전역 및 지역적 특징을 이용한 나이 인식에 관한 연구", 연세대학교 대학원 생체인식 협동과정 석사 학위논문, 2009
- [5] M. Zhou, L. Liang, J. Sun, Y. Wang, "AAM based Face Tracking with Temporal Matching and Face Segmentation", *IEEE Computer Vision and Pattern Recognition(CVPR) 2010*, 701-708, 2010
- [6] Qiu Jin, Jieyu Zhao, Yuanyuang Zhang, "Facial Feature Extraction with a Depth AAM Algorithm", *2012 9th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery(FSKD 2012)*, 2012
- [7] Zhengyou Zhang, "Microsoft Kinect Sensor and Its Effect", *IEEE Multimedia*, 2012
- [8] Yun Fu, Thomas S. Huang, "Age Synthesis and Estimation via Faces: A Survey", *IEEE Transactions On Pattern Analysis And Machine Intelligence*, Vol 31, No. 11, 2010
- [9] Q. Cai, D. Gallup, C. Zhang, Z. Zhang, "3D Deformable Face Tracking with a Commodity Depth Camera", *11th European Conference Computer Vision(ECCV)*, vol. III, Springer-Verlag, pp. 229-242, 2010
- [10] Microsoft, "Kinect for Windows SDK - Programming Guide - Face Tracking", MSDN