벡터표현 기반의 연령변화에 따른 얼굴 변환

이 현 직*, 김 윤 호*

Face Transform with Age-progressing based on Vector Representation

Hyun-jik Lee*, Yoon-Ho Kim*

요 약

본 연구에서는 벡터 변환 기법을 이용하여 연령변화에 따른 얼굴변환 기법을 제안 하였다. 제안한 기법은 주관성을 배제하고 일관성과 신뢰성을 높이기 위하여 모핑과 벡터 모델을 적용하였다. 또한, 형태에 따른 질감변화 요인을 정의하고 내부·외부 환경 변화에 대한 형태 변환 요소를 고려하였다. 제안한 방법의 타당성을 확인하기 위하여 실험결과를 정성적인 방법으로 유사성 평가를 수행하였는 바, 14세부터 60세까지의 얼굴 변환 결과가 매우 유사하게 평가 되었다.

ABSTRACT

In this paper, we addressed a face transform scheme with age-progressing based on vector representation. Proposed approach utilized a vector modeling as well as morphing so as to improve not only a reliability but also a consistency. For the more, some elements of texture change owing to the face shape are defined and some parameters with respect to the internal and external environments are also considered. To testify the proposed approach, estimation of similarity is performed with qualitative manner by using experimental output, and finally resulted in satisfactory for face shape transformation aged from sixty to fourteen.

Keywords : vector representation, morphing, age-progression, Vector representation, face shape transformation

Ⅰ. 서 론

얼굴나이(연령변화에 따른 얼굴형상의 장기적, 자연적 변형)변환 기법은 영상처리 기술을 활용하여 인물사진의 시간의 경과에 따른 예상변화 모습을 추정하여 이미지로 도출하는 것으로 실종 유아를 찾거나 용의자 추정 등 다양한 분야에서 응용되고 있다. 미국의 경우 1980년대부터 얼굴변환 프로그램을 사용하기 시작하였는바, 실종 당시 연령이 2세 이상부터 가능하며, 실무상 실종된 지 2년 후부터 실시하고, 18세 미만에 대해서는 2년마다, 18세 이상에 대해서는 5년마다 실시하고 있다[1].

* 목원대학교 컴퓨터공학과 석사과정 (hyunjik@mokwon.ac.kr)
** 교신저자 목원대학교 컴퓨터공학부 교수(yhkim@mokwon.ac.kr)
접수일자 : 2010년 8월 3일, 수정일자 : 2010년 8월 11일, 심사완료일자 : 2010년 8월18일

현재 국외의 나이 변환 관련 핵심 기술들은 미국, 일본, 유럽 등의 유명한 연구 기관 및 단체에서 Age Progression & Regression, Age Perception에 기초한 얼굴 인식 관련 분야에서 활발하게 연구가 진행되어지고 있고, 일련의 연구 성과들을 기반으로 상용 제품들을 출시하여 서비스 중에 있다. 특히, 미국의 실종 아동 관련 전담 기구인 NCMEC에서는 나이 변환 프로그램을 운용하여 많은 성과를 얻고 있지만 대부분 숙련된 얼굴 복원 전문가들의 수작업으로 나이 변환 영상들을 얻고 있다. 일부 시스템들은 컴퓨터 기반의 자동화된 기능들을 제공하지만 대부분 사실적인 얼굴 복원과는 거리가 있는 몽타주 제작 시스템이나 포토샵을 이용한 영상 편집 기능에 가깝다[2].

국내에서는 나이 변환 시스템의 세부 핵심 기술 항목들에(얼굴 복원, 얼굴 변형, 얼굴 합성 등) 대해서는 학교나 연구소에서 많은 연구를 진행하여 논문 및 특허를 꾸준히 발표하고 있지만, 현재까지 나이 변환이 전체 시스템으로 개발된 제품은 없으며 인터넷에서 2세 얼굴 합성 정도만 상용화된 실정이다. 하지만 여전히 얼굴 영상 데이터베이스화 및 얼굴 변화의 주요 특징 분석 등의 기술 개발의 경우 해외와 비교하면 부족한 실정이다[3]. 경찰청에서는 범죄자용 스케치 방식의 몽타주 시스템을 이용하여 장기 살종 아동의 성장 후 영상을 얻기도 하지만 대부분 결과가 좋지 않아 필요에 따라 미국 NCMEC에 작업을 의뢰하여 사용하고 있다.

일반적으로 나이변환 프로그램이 갖는 문제점은 다음과 같다.

① 얼굴 나이 변환 전문가 양성에 많은 투자와 시간이 요구된다.
② 얼굴 나이 변환 영상을 얻는데 많은 시간과 노력이 필요하다
③ 다양한 조건의 얼굴 추정 영상을 수작업으로 만들기 어렵다.
④ 급격하게 성장하는 아동들의 나이 변환 영상을 수작업으로 대처하기 어렵다.
⑤ 전문가의 주관성이 개입되기 때문에 얼굴 영상의 객관성, 신뢰성, 일관성이 떨어진다.

현재 운용되고 있는 수작업 기반의 나이 변환 프로그램의 문제점들을 개선하기 위해 컴퓨터 비전 기술 기반의 장기 실종 아동의 연령 변화에 따른 성장 후의 얼굴 모습을 추정 복원하는 자동화된 지원 시스템 개발은 매우 중요하며, 그 필요성은 급격하게 증대되고 있다.

본 논문에서는 Morph & Vector를 이용하여 연령변화에 따른 얼굴 변환 기법을 제안하였다. 얼굴 변환 기법은 얼굴검출과 특징추출, 얼굴변환, 얼굴 질감형성 및 합성 등, 세분화 과정을 거친다[4,5].

얼굴나이 변환 기법을 통해 장기 실종 아동에 대한 사회적인 관심을 유발시키고, 실종자 가족들이 아동을 찾는 직접적인 도움과 , 실종자 가족들을 사회 안정망 속에서 보호할 수 있는 간접 효과를 기대 할 수 있다.

II. 나이변환 시스템의 구성

연령 변화에 따른 일반적인 얼굴 형태 및 질감 변화에 대한 요인 정의, 내부 외부 환경에 따른 (안경, 치아, 질병, 술, 담배, 비만, 건강 상태 등등) 얼굴 형태 및 질감 변화에 대한 요인 정의, 가족 관계에서 나오는 유전적인 얼굴 형태 및 질감 변화에 대한 요인 정의, 최종적으로 사용자 개입에 의한 가중치 변화 기능을 도입한다. 나이 변환 시스템은 기능별로 다음과 같이 모듈화 된다.

① 얼굴 영역 검색
② 얼굴특징영역 검출
③ 사실적인 얼굴 복원
④ 왜곡이 적은 얼굴 변형
⑤ 얼굴 형태에 적합한 얼굴 질감 선택
⑥ 얼굴 조명에 강한 얼굴 질감 합성
⑦ 얼굴 구성 요소 영역별 분할 추출
⑧ 추론된 얼굴과 배경과의 합성

또한, 나이 변환 시스템은 다음과 같이 중요 응용 프로그램 모듈로 세분화 된다.

② 실종아동의 성장 후 나이변환 얼굴 영상을 생성

- 실종 아동의 영상과 부모 형제 등의 영상들을 이용하여 성장 후의 얼굴을 추정 복원하는 응용프로그램으로써 나이 변환 관련 8가지 중요 핵심구성 요소들을 기반으로 한다.

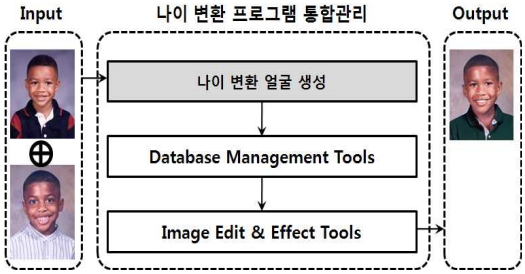

그림 1. 나이 변환 시스템의 응용프로그램
Fig. 1. Application program of age-progression system

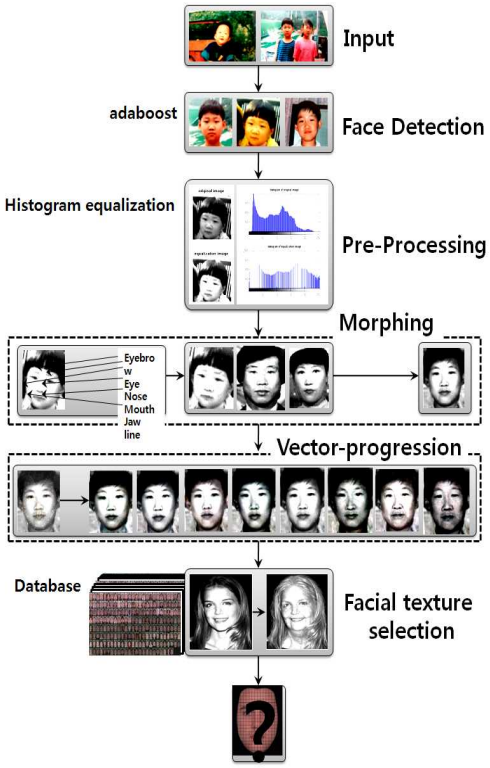

그림 2. 제안한 나이변환기법 블록도
Fig. 2. The proposed age-progression block diagram

③ Database Management Tools

- 다양한 리소스들을 관리하며, 기본 얼굴 베이스 템플릿을 등록 및 관리하는 툴을 사용한다.
- 나이변환에 필요한 다양한 리소스들을 등록 및 관리하는 툴을 사용한다.

④ Image Edit & Effect Tools

- 얼굴 영상에 세부적인 수정과 효과를 주는 프로그램으로, 성형 기법을 통해 얼굴 특징을 변형하거나 추가한다. (쌍꺼풀 라인)
- 다양한 효과 필터 및 템플릿을 이용하여 얼굴을 꾸민다.
- Adobe PhotoShop의 관련 기능들을 사용한다.
- 실종 아동 부모들의 유전자를 파악하여 탈모 및 탈색 변화를 적용한다.

Ⅲ. 벡터 기반의 나이변환 알고리즘

제안하는 알고리즘의 전체 블록도는 그림 2와 같다. 먼저, 아동의 사진과 아동의 부모나 형제사진을 입력한다. 입력된 사진은 AdaBoost 학습 알고리즘 기반의 얼굴 후보 영역을 추출한다. AdaBoost 학습 알고리즘은 가장 잘 알려져 있고 단순하면서도 효율적인 장점을 가지고 있다[6].추출된 얼굴부분은 머리끝, 아래턱선, 양볼 끝을 기준으로 400×500 크기로 저장된다. 저장된 이미지는 전처리 과정으로 밝기 값의 분포를 균일하게 만들기 위한 히스토그램 평준화를 거친다. 얼굴 특징(눈썹, 눈, 코, 입, 턱 선) 영역에 제어점을 설정한 후, 제어점을 기준으로 모핑을 이용하여 얼굴을 변형시킨다. 모핑된 얼굴을 원하는 연령대로 변환시키기 위해 각 픽셀을 벡터에 따라 변형시킨다.

얼굴 검출과정에서 Haar-like 특징을 사용하였고, 속도 향상을 위해 적분 영상과 약한 분류기에서 강한 분류기로 부스팅하는 방법 그리고 단계 검출 방법을 하였다.

영상의 화질 개선을 위해 전처리로써 입력영상에 히스토그램 평준화를 적용한다. 히스토그램 평준화는 전반적으로 대조가 작고 영상의 히스토그램이 한쪽으로 치우쳐 있는 영상의 경우 그 영상의 히스토그램을 넓게 펼쳐줌으로써 영상의 질을 개선하는 것이다. 입력 영상에서의 그레이 레벨 r_k의 발생 확

률은 식 1과 같다. 입력 영상의 모든 레벨 r_k을 가진 각각의 픽셀들을 출력 영상의 그레이 레벨 S_k로 투영함으로써 출력 영상을 얻을 수 있다.(식 2)

$$P_r(r_k)=\frac{n_k}{n} \quad where\ k=0,1,\ldots,L-1 \tag{1}$$

$$S_k=T(r_k)=\sum_{j=0}^{k}P_r(r_j)=\sum^{k}\frac{n_j}{n} \quad where\ k=0,1,\ldots,L-1 \tag{2}$$

히스토그램 평준화는 다음과 같은 4단계로 이루어진다.

1) 히스토그램을 생성한다.

- 영상에서 명암값 α의 빈도수 $hist[\alpha]$ 계산

2) 각 명암값에 대하여 빈도수의 누적값을 구한다.

$$\sum[\alpha]=\sum_{\beta=0}^{\alpha}hist[\beta] \tag{3}$$

3) 전단계에서 구한 누적값을 다음과 같이 정규화다.

$$n[\alpha]=\sum[\alpha]\times\frac{1}{N}\times 255 \quad (N\text{: 영상의 전체픽셀수}) \tag{4}$$

4) 입력 영상에서 픽셀값 α를 정규화된 값 $n[\alpha]$로 변환하여 결과 영상을 생성한다.

워핑은 하나의 입력 영상에 대한 영상의 형태 변환을 의미하는 반면, 모핑은 두 개의 서로 다른 입력 영상에 대하여 한 영상을 다른 영상으로 변환하는 것을 의미한다. 모핑은 워핑과 합병 두 단계로 구성된다. 워핑 단계에서는 두 입력 영상을 같은 형태가 되도록 변환한다. 그리고 합병 단계에서는 변환된 두 영상을 더하여 출력 영상을 생성한다[7,8].

모핑과정 수행 후, 연령변화에 따른 벡터(vector)를 추출할 수 있다. 벡터란 크기와 방향, 즉 두 가지 정보를 표현하기 위한 것으로써 본 실험에서는 실험 이미지의 연령변화와 표정변화를 일으키기 위해 입력 값으로 사용된다.

공간상에서 템플릿 매칭기법을 이용하여 각각 연령대에 따른 평균 얼굴 벡터(Ψ)에서 추출한 값을 구한다. (M: 얼굴 영상의 개수, Γ: 얼굴 벡터)

$$\Psi=\frac{1}{M}\sum_{n=1}^{M}\Gamma_n \tag{5}$$

연령대별 평균 얼굴 벡터(Ψ_i) 값은 평균 얼굴 벡터의 차 벡터로 계산한다.

$$\Phi_i=\Psi_a-\Psi_\beta \tag{6}$$

그림 3은 모핑연산 후, 평균 얼굴 벡터의 차에서 추출한 임의의 픽셀들에대한 벡터맵과 이에 대한 수치값을 표현한 것이다. 실험 영상을 변환시킬 때 각 픽셀에 수치값을 주어 변환시킨다.

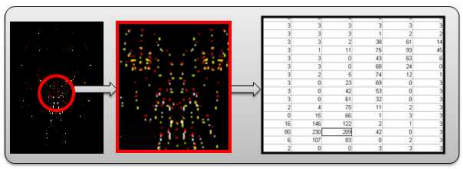

그림 3. 입력 값 대한 벡터 표현 예
Fig. 3. Example of vector representation for the input value

Ⅳ. 실험 및 고찰

본 논문에서 구현한 얼굴변환기법은 윈도우 기반 Intel(R) Core(TM)2 Duo 3.17GHz, Matlab2007과 윈도우 프로그램을 위한 MFC 라이브러리를 사용하였다. 영상은 일반사진을 스캔하여 사용하였다. 입력되는 실험영상에서 AdaBoost 알고리즘을 기반으로 얼굴 영역을 검출하고 검출된 영상은 400×500 크기의 이미지로 저장된 후, 그림 4와 같이 영상의 화질 개선을 위해 영상의 밝기 값의 분포를 균일하게 만드는 히스토그램 평준화를 사용한다.

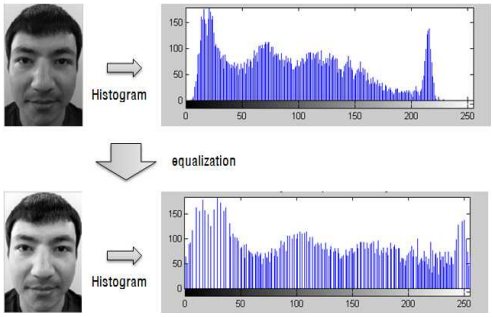

그림 4. 히스토그램 평준화
Fig. 4. Histogram equalization

본 실험에서는 얼굴형상을 이용하여 연령별 변화된 모습을 예측하기 위하여 각각의 벡터를 구분하여 적용하였다. 아동의 경우와 어른의 경우 벡터의 표현이 각기 다르기 때문에 그림 5와 같이 같은 입력영상이라도 벡터표현에 따라 다른 출력영상을 나타낼 수 있다.

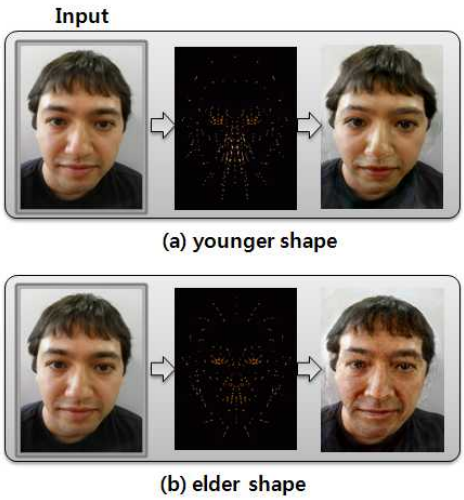

그림 5. 벡터표현방식에 따른 얼굴 변환 예측; a) 젊은모습, b)늙은 모습
Fig. 5. Face estimation by vector representation; a) younger shape, b) elder shape

그림 6은 아동의 연령별 모습을 나타내기 위하여 모핑된 영상에 입력되는 벡터값의 가중치에 따라 얼굴형상이 변환되는 모습을 나타내었다. 모핑된 얼굴영상과 입력되는 벡터값의 크기가 400×500로 정규화 되어 있기 때문에 얼굴 공간상에서 템플릿 매칭을 통한 변환이 가능하였으며 실험 영역은 헤어스타일과 의상을 제외한 안면에만 국한 시켰다.

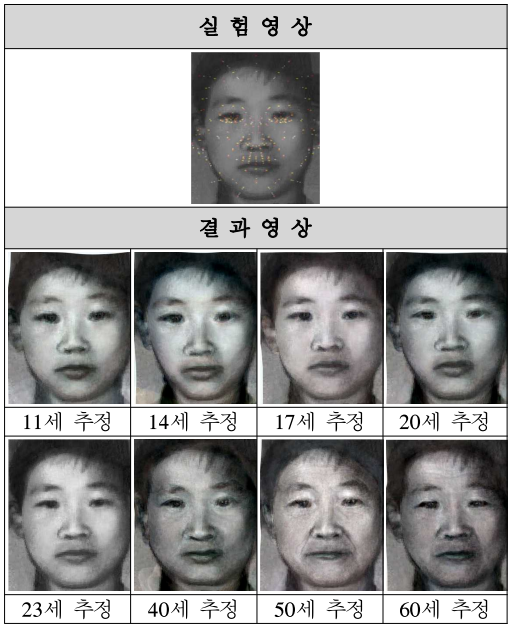

그림 6. 실험영상에 대한 나이 추정 결과
Fig. 6. Results of age progression with respect to test image

V. 결 론

본 논문에서는 컴퓨터 비전 기술 기반의 얼굴형상 예측 기법을 제안하였다. 연구 과정으로 회전에 강건한 AdaBoost 기반의 얼굴 영역 검색을 이용하고, 성장 후의 예측 형태를 실종 아동의 얼굴 정보와 부모의 얼굴 정보를 얼굴 특징 영역(이마, 눈썹, 눈, 코, 입 , 턱 라인)을 이용하여 모핑시킴으로써 유사한 얼굴을 복원하였다. 얼굴 특징 영역으로 모핑조건을 갖추어 변형을 부드럽게 하였고, 각 특징 영역에 벡터변환을 하여 연령변화에 따른 얼굴을 추론하였다. 생성된 결과 영상의 평균얼굴에 유클리디안 거리를 이용하여 얼굴 형태 유사도를 측정한 결과 그에 대한 유사도는 88.0%였다.

결과적으로, 본 연구를 통하여 장기 실종 아동과 관련된 여러 정부 기관을 대상으로 장기 실종 아동을 찾는데 드는 사회적인 직간접 비용을 줄이고, 유관 기관들의 실종자 수사의 효율성, 일관성, 신속성, 신뢰성을 높일 수 있도록 하였다. 향후과제로 관리자의 개입을 최소화하는 사용이 간결하고 직관적인 사용자 인터페이스를 도입하여 시스템의 효율성을 증대 시키고, 통합 환경에서 다른 응용 프로그램의 지원 없이 얼굴형상 예측 서비스를 받을 수 있도록 하는 것을 목표로 한다.

참 고 문 헌

[1] Asgcroft, John & Deborah J. Daniels & Flores J. Robert, "A Family Resource Guide on International Parental Kidnapping.", Washington DC: Office of Juvenile Justice and Deliquency Prevention(OJJDP), U.S. Department of Justice., 2002

[2] 실종아동전문기관, 미국 NCMEC 주관 “Forensic Imaging Workshop”, 연수보고서, 2007.

[3] Marlene L. Dalley, Jenna Ruscoe, "The Abduction of Children by Strangers in Canada: Nature and Scope National Missing Children", 2003.

[4] M. Yang, D. Kriegman and N. Ahuja, "Detecting Faces in Images: A Survey", IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence archive, vol. 24, no. 1, pp. 34-58 Jan. 2002.

[5] Y. Dai and Y. Nakano, "Face-Texture Model Based on SGLD and Its Application in Face Detection in a Color Scene", Pattern Recognition, vol. 29, no. 6, pp.1007-1017, 1996.

[6] Alexander Kuranov, Rainer Lienhart, and Vadim Pisarevsky. An Empirical Analysi of Boosting Algorithms for Rapid Objects With an Extended Set of Haar-like Feature. Intel Technical Report MRL-TR-july02-01, 2002.

[7] H. Lee, and N. Kwak, "A Field-based Morphing with Semi-automatic Control Lines Matching Using Image Segmentation", Journal of Digital Contents Society, vol.5, no.4, pp.269-274, 2004.

[8] D. T. Lin and H. Huang, "Facial Expression Morphing and Animation with Local Warping Methods", ICIAP 1999, pp.594-599, 1999.

저자약력

이 현 직 (Hyun-Jik Lee) **정회원**

2008년 8월 : 목원대학교 컴퓨터공학부 졸업

2010년 8월 : 목원대학교 컴퓨터공학부 석사

<관심분야> 영상처리, 컴퓨터비전 , 패턴인식

김 윤 호 (Yoon-Ho Kim)

1997~현재 : 목원대학교 컴퓨터공학부 교수

2005~2006 : University of Auckland. CITR Lab. NZ Research Fellow.

2008~현재 : ISO/TC 223 (Societal Security) Korea Delegate.

IEEE Computer science member, 대한전자공학회, 한국통신학회 정회원. 한국해양정보통신학회, 한국모바일학회, 한국항행학회, 한국정보기술학회 종신회원

<관심분야> 영상처리, 컴퓨터비전, 뉴로퍼지, IT 정책, 방재정보통신 등.