

## 컬러와 적외선 영상 간의 관계에 기반한 얼굴 인식 방법

\*엄태영 \*\*박종일)

한양대학교

\*uty02@hanyang.ac.kr \*\*jipark@hanyang.ac.kr

## A Face Recognition Method Based on the Relationship between Color and Infrared Images

\*Uhm, Taeyoung \*\*Park, Jong-II

Hanyang University

## 요약

최근 적외선 영상 정보를 사용하여 사용자를 인식하고 인터랙션을 하고자하는 연구들이 많이 이루어지고 있다. 특히, 보안과 같은 인간을 인식/추적/감시하는 분야에서는 적외선 입력 영상에 대한 얼굴인식 기술이 점차 많이 사용되고 있다. 이는 야간이나 특수한 조명 환경에서처럼 적절한 컬러 영상 정보를 알 수 없을 때 적외선 영상 정보를 이용하면 얼굴 영상 추출이 가능한 경우가 많기 때문이다. 본 논문에서는 이러한 적외선 영상을 입력받아 컬러 영상과의 관계에 기반하여 얼굴을 인식하는 방법을 제안하고자 한다. 이 방법은 일반적인 조명 환경에 강인하면서 컬러 데이터베이스만을 사용하여 얼굴 인식이 가능하다. 따라서 주위 조명 환경에 무관하게 얼굴을 인식하여 다양한 보안 및 휴먼 인터페이스에 사용이 가능할 것으로 기대한다.

## 1. 서론

사람을 강인하게 인식하는 방법은 많은 어플리케이션에서 필요하다. 최근에는 보안, 게임, 헬스 케어 등 많은 분야에서 인간과 컴퓨터 간의 상호작용 (HCI: Human Computer Interaction)을 위해 주목되고 있다. 이를 위해서는 다수의 인간이 있는 환경에서 강인하게 사용자를 추적해야 할 뿐만 아니라 다양한 조명 환경 (ex: 야간 혹은 대형 디스플레이에 의한 반사 효과 등으로 컬러 영상 정보 획득이 어려운 환경)에서도 사용자 인식이 가능해야 한다. 본 논문에서는 조명에 강인한 적외선 얼굴 영상을 입력받아 컬러 영상과의 관계를 이용하여 컬러 데이터베이스만으로 학습하여 인식이 가능한 방법을 제안한다.

적외선 영상은 적외선 조명에 반사되는 영역을 획득하기 때문에 조명과 얼굴의 거리에 따라 영상의 조명도가 다르므로 데이터베이스로 구축하기 어렵다. 대부분의 데이터베이스는 컬러 영상으로 이루어져 있고 데이터 영상의 조명 조건을 알 수 있기 때문에 실시간으로 들어오는 적외선 영상과 컬러 영상 간의 관계를 구하면 컬러 데이터베이스만으로 학습하여도 적외선 영상에서 얼굴 인식이 가능하다. 제안된 얼굴 인식 방법을 위해 동시점에서 컬러와 적외선 영상을 동시에 획득할 수 있는 기존의 영상 시스템[1]을 이용하여 얼굴 영상을 획득하였으며, 이를 이용하여 실험 결과를 도출하였다.

## 2. 관련 연구

카메라 영상을 이용하여 얼굴을 인식하는 방법은 사용자를 인

하기 위해 많이 연구되어 왔다. 그 중에서 적외선 영상을 이용하는 방법은 강인한 인식을 위해 다양한 분야에서 이용되고 있다. 최근에는 Xbox의 Kinect[2]와 같은 게임 분야를 비롯하여 보안을 위한 휴먼 감시 등의 분야에 큰 비중을 차지하고 있다. 이렇게 적외선 영상을 이용한 방법들을 살펴보면 크게 세 가지로 나눌 수 있다. 먼저 적외선 영상과 컬러 영상의 파장 차이를 이용해서 얼굴을 추출하는 방법 [3, 4]과 적외선 영상만을 이용해서 얼굴 영역을 인식하는 방법 [5, 6]이 있다. 또한, 보안을 위해 다수의 카메라를 이용하여 컬러, 적외선, 열화상 등의 영상에서 얼굴을 인식하는 방법 [7]도 있다. 이러한 인식 방법들은 사용자 추출 혹은 인식을 위해 적외선 영상을 입력받아 컬러 영상 데이터베이스를 흑백 영상으로 학습하여 사용하는 것들이 대부분이다.

두 번째로는 컬러 얼굴 영상에서 적외선 얼굴의 형상을 재건하고자 하는 방법과 깊이 정보와 얼굴의 알베도를 입력으로 해서 적외선 얼굴의 형상을 재건하는 방법 [8]이 있다. 그리고 열화상 얼굴 영상으로부터 컬러 영상과의 관계를 이용해 컬러 영상의 흑백 영상으로 재건한 방법 [9]도 있다. 이 방법들은 적외선과의 관계를 이용하지만 얼굴 영상 모델 정보, 깊이 맵과 알베도가 필요하고 실시간 시스템에 적합하지 않다.

마지막으로 얼굴 형상과 명암도의 관계를 주어진 명암 영상을 통해 학습하고 확률적으로 재건하는 방법 [10]과 3차원 스캔 영상으로 학습하여 재건하는 방법 [11]이 있다. 그러나 이 방법들도 3차원 정보를 필요로 하며, 실시간 사용자 인식에 이용되기 어렵다.

이처럼 대부분의 방법은 적외선 영상에서 얼굴을 인식하기 위해 특별한 영상 정보를 필요로 하거나 실시간 인식이 어렵다. 비록 컬러와

적외선은 다른 영역의 파장을 갖고 있지만 동시점의 영상을 이용하여 공통적인 것들을 계산할 수 있다. 이는 컬러 데이터베이스로부터 적외선 영상과의 관계가 존재하는 어떤 요소들이 있다는 것을 뜻한다. 이 문제는 컬러 데이터베이스의 조명정보를 알고 있다는 가정 하에 적외선 조명과 얼굴과의 거리에 따라 다르게 보이는 얼굴 영상의 조명도를 해결하는 것과 같다. 결론적으로 컬러 데이터베이스의 조명 정보를 알고 있다는 가정으로 적외선의 세기에 따라 변하는 적외선 얼굴 영상을 실시간으로 컬러 데이터베이스의 영상과 관계를 구해 얼굴 인식에 활용한다. 따라서 본 논문에서는 컬러 영상 데이터베이스만으로 적외선 영상과의 관계를 이용하여 실시간으로 얼굴을 인식할 수 있는 방법을 제안한다.

### 3. 얼굴 인식 방법

#### 3.1 컬러 영상과 적외선 영상의 차이

적외선 얼굴인식을 위해 사용된 두 대의 웹캠으로 구성된 시스템

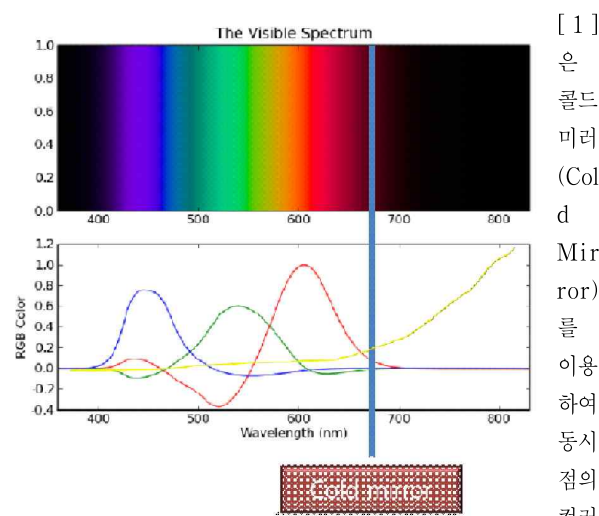


그림 1. Cold mirror에 의해 분리된 컬러와 적외선 영상의 파장 차이.

적외선 영상을 실시간으로 획득할 수 있다. 시스템에서 획득한 컬러 영상과 적외선 영상의 파장 차이는 그림 1과 같다.

이렇게 획득한 두 영상은 조명, 카메라, 조명에 대한 휴먼 피부 반사의 특성을 갖는다. 이를 정의하면 다음과 같다.

$$I(\lambda)S(\lambda)r_k(\lambda)d\lambda \quad (1)$$

여기에서  $I(\lambda)$ 는 조명 특성,  $S(\lambda)$ 는 휴먼 피부 반사 특성,  $r_k(\lambda)$ 는 카메라 특성이다. 각각의 영상은 이러한 특성들에 의해 획득된다. 두 영상 중 컬러 영상은 조명 정보, 카메라 특성과 피부 반사 특성을 고정하여 정할 수 있다. 따라서 적외선 영상에서 거리에 따라 변화하는 조명도는 다른 특성들이 고정됨으로써 컬러와의 상관 계수로 정의가 가능하다.

#### 3.2 컬러 영상과 적외선 영상 간의 상관 계수

대부분의 얼굴 인식은 컬러 영상 입력을 받아 컬러 영상 데이터베이스로 학습하여 인식률을 구한다. 하지만 조명 환경에 강한 적외선 영상이 입력이기 때문에 컬러 영상 데이터베이스로 학습하면 사용자 인식이 어렵다. 이를 극복하기 위해서 컬러 영상  $I_c$  적외선 영상  $I_{ir}$  을 수식으로 정의하면 다음과 같다.

$$I_c = [R_c, G_c, B_c], \quad I_{ir} = I([R_{ir}, G_{ir}, B_{ir}]^T) \quad (2)$$

여기에서  $I()$ 는 적외선 영상의 변화하는 조명도 (Active Illumination)에 의한 명암도(Intensity) 측정 함수를 의미한다. 따라서 컬러 영상과 적외선 영상의 RGB 값을 기반으로 상호간의 관계를 정의하면,

$$I_{ir} = AI_c \text{ where } A = [a_1, a_2, a_3] \quad (3)$$

여기에서  $A$ 는 적외선 영상의 명암도와 컬러 영상에 대한 상관 계수이다. 컬러와 적외선 영상은 동시점의 영상이기 때문에 특별한 맵핑 알고리즘 없이 각 픽셀마다 부합한다. 그러므로 두 영상의 각 픽셀마다 부합하는 수치들을 최소자승법 (Least Square Method)을 이용하여 근사화함으로써 상관 계수를 구할 수 있다.

$$\min_i^n (I_{ir}(i) - AI_c(i))^2 \quad (4)$$

따라서  $n$ 개의 픽셀로 이루어진 영상에 대하여 상관계수  $A$ 는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$A = \arg_A \min \sum_i^n I_{ir}(i) - AI_c(i) \|^2 \quad (5)$$

이렇게 근사화한 상관계수는 컬러 데이터베이스에 적용되어 재건된다.

### 4. 실험결과

실험은 동시점 영상 시스템을 기반으로 세 명의 사용자 영상을 획득하였다. 각 사용자는 다양한 얼굴 표정을 수행하였고 이는 각 표정별로 학습하였으며, 가장 일반적인 무표정인 얼굴을 테스트 영상으로 사용하였다. 그림 2는 실험을 위한 이중의 영상 샘플이다.

따라서 그림 2의 아래와 같은 적외선 영상만을 입력으로 받을 경우, 사용자 인식을 위해 컬러 영상 데이터베이스를 흑백화하여 인식하였을 경우는 50%이하로 낮아진다. 이는 획득한 동시점 영상 시퀀스의 컬러 영상만으로 학습하여 적외선 영상을 입력으로 주성분 분석 방법 (PCA: Principal Component Analysis)과 회귀선형판별분석법(LDA: Linear Discriminant Analysis)을 이용하여 인식하여 결과를 수치화한 것이다 [12]. 아래의 표 1은 컬러 영상으로만 학습한 경우, 컬러와 적외선 영상을 모두 학습한 경우, 그리고 제안된 방법을 이용한 경우에

대한 인식률을 보인다. 각각의 인식률은 피실험자 세 명의 인식률을 평균한 것이다.



그림 2. 실험을 위한 이중의 영상 샘플: (위) 컬러 영상 샘플, (아래) 적외선 영상 샘플.

표 1. 적외선 영상 얼굴 인식률.

	컬러 영상	컬러와 적외선 영상	제안 방법
인식률	36.7%	91.6%	73.4%

그림 3에서는 제안한 방법을 적용하여 두 명의 사용자가 존재하는 환경에서 인터랙션 하고자하는 특정 사용자를 인식하고 상호작용하는 결과를 보여준다. (a)는 컬러 영역 카메라로부터 입력된 원본 영상을 나타내며, (b)는 영상에서 추출된 얼굴 영역을 보이며, (c)는 얼굴 추출 후 인식하여 인증된 사용자의 손 영역을 추적하는 것을 보인다. (d)는 인터랙션에서 인증된 사용자의 손과 같은 거리에서 다른 사용자의 영역이 함께 추출되는 결과를 보인다.

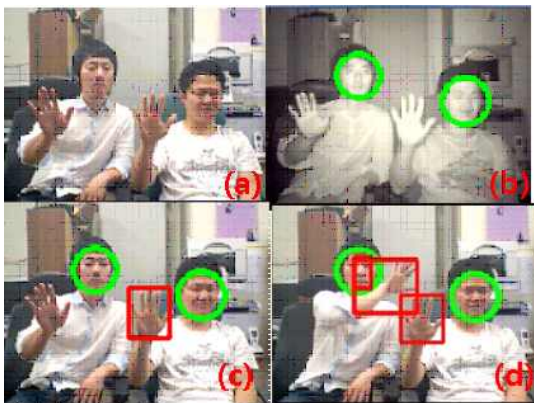


그림 3. 사용자 인증 기반 상호작용 예시: (a)컬러 영상, (b) 적외선 입력 영상에서 얼굴 인식 결과, (c) 인증된 사용자 손 영역 추적 및 상호작용, (d) 사용자 영역이 겹치는 상호작용 실패 예시.

### 5. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 적외선 영상과 컬러 영상의 관계를 이용하여 야간이나 특수한 조명에서 사용자 인터랙션 및 감시가 가능하도록 적외선 영상을 입력받아 컬러 영상 데이터베이스에서 사용자의 얼굴 인식이

가능한 방법을 제안하였다. 이는 컬러 영상 데이터만으로 학습하여 얼굴 인식을 수행하여 상호작용에 활용이 가능하다. 특히 다수의 사용자 환경에서 인증된 사용자와 상호작용을 하는 것이 가능하다. 또한, TV와 같은 제품에 적용함으로써 밝은 조명에서는 사용자의 컬러 영상을 획득하여 데이터베이스로 구축하고 야간에는 이를 활용하여 사용자 인터랙션에 활용하거나 감시 역할을 수행할 수 있다. 따라서 사용자 상호작용과 동시에 야간 감시가 가능한 혼합된 역할 수행이 가능할 것으로 보인다.

향후에는 그림 3의 (d)와 같이 인증된 사용자의 신체 부분과 같은 거리에 다른 사용자의 영역이 겹치는 문제에 대한 해결에 대한 연구가 필요하다.

### 감사의 글

본 연구는 지식경제부, 문화체육관광부 및 한국산업기술평가관리원의 IT산업원천기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [KI001820, 영상 및 비디오 콘텐츠를 위한 계산사진학 기술 개발]

### 참고문헌

- [1] T. Uhm, H. Park, J. Park, "Human-of-Interest Tracking System for Natural Interaction," *Proceedings of ICCE*, pp. 623-624 Las Vegas, USA, Jan. 9-12, 2011.
- [2] Microsoft Corp. Redmond WA. *KinectforXbox360*.
- [3] Y. Suzuki, K. Yamamoto, K. Kato, M. Andoh, and S. Kojima "Skin detection by near infrared multi-band for driver support system," *Proceedings of ACCV*, pp.722-731, 2006.
- [4] J. B. Dowdall, I. Pavlidis, G. Bebis, "Face detection in the near-ir spectrum," *Proceedings of Image and Vision Computing*, pp.565-578, 2003.
- [5] S. Z. Li, L. Zang, S. Liao, X. Zhu, R. chu, M. Ao, "A Near-infrared Image Based Face Recognition System," *Proceedings of FGR*, pp.455-460, 2006.
- [6] G. Friedrich, Y. yeshurun, "Seeing people in the dark: face recognition in infrared images," *Proceedings of BMCV02*, pp.01-12, 2003.
- [7] M. Grgic, K. Delac, S. Grgic, "SCface - surveillance camera face database," *Proceedings of Multimed Tolls Application*, pp.863-879, 2011.
- [8] M. Reiter, R. Donner, G. Lange, H. Bischof, "3D and Infrared Face Reconstruction from RGB data using Canonical Correlation Analysis," *Proceedings of ICPR*, pp. 425-428, 2006.
- [9] M. Dou, C. Zhang, P. Hao, J. Li, "Converting Thermal Infrared Face Images into Normal Gray-Level Images," *Proceedings of ACCV*, pp. 722-732, 2007.
- [10] J. A. Robinson and J. R. Hyde, "Estimation of

- face depths byconditional densities," *Proceedings of British Mashine Vision Conference*, 2005.
- [11] V. Blanz, S. Romdhani, and T. Vetter, "Face identification across different poses and illuminations with a 3d morphable model," *Proceedings of Auto. Face and Gesture Recognition*, 2002.
- [12] J. Yang, H. Yu, W. Kunz, "An Efficient LDA Algorithm for Face Recognition," *Proceedings of ICARCV*, pp.01-06, 2000.