

YCbCr 컬러 영상 변환을 통한 얼굴 영역 자동 검출

Facial Region Tracking in YCbCr Color Coordinates

*한명희, *김경섭, *윤태호, *신승원, **김인영

*M. H. Han, *K. S. Kim, *T. H. Yoon, *S. W. Shin, **I. Y. Kim

Abstract – In this study, the automatic face tracking algorithm is proposed by using the color and edge information of a color image. To reduce the effects of variations in the illumination conditions, an acquired CCD color image is first transformed into YCbCr color coordinates, and subsequently the morphological image processing operations, and the elliptical geometric measures are applied to extract the refined facial area.

Key Words : YCbCr, facial region detection, tracking

1. 서 론

사람의 얼굴은 인체의 어떤 부위보다 사람의 감정을 잘 반영하고 있으며, 또한 특별한 기계적 장치의 접촉 없이 일반 영상 획득 장치를 통하여 얼굴 영상을 쉽게 얻을 수 있다. 따라서 얼굴 영역 검출과 얼굴 영역 추적 시스템은 개인 식별, 표정 인식 등의 많은 응용 분야를 가지고 있으며, 최근에는 검출된 얼굴 영역의 특성값(feature)을 분석하여, 건강 상태를 간접적으로 판단하고자 하는 Health Monitoring 분야에 활용되기 시작하고 있다. 얼굴 영역 검출의 방법으로는 기본적으로 색상 정보와 모양 정보를 기반으로 하는 방법들이 존재한다. 그러나 색상 정보를 기반으로 하는 얼굴 인식 방법은 조명의 변화에 민감한 단점이 있고, 모양 정보를 기반으로 하는 얼굴 인식 방법은 복잡한 배경에서 촬영된 영상에서는 얼굴 검출이 어려운 단점이 있다. 따라서 본 연구에서는 YCbCr 컬러 영역에서 Cb와 Cr만을 사용, 다양한 조명 변화의 영향을 감소시키어 얼굴 영역을 효과적으로 검출하고, 검출한 얼굴 영역을 실시간으로 추적하는 알고리즘을 제안한다. 그림 1은 얼굴 영역 검출 및 추적 알고리즘의 과정을 보여주고 있다.

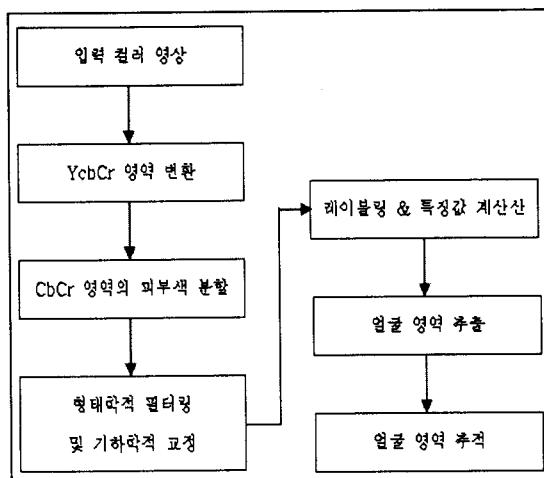


그림 1. 얼굴 영역 검출 및 추적 알고리즘

2. 방 법

2.1 얼굴 후보 영역 추출 (Facial Candidates)

일반적으로 많이 사용하는 RGB color space는 빛에 민감하여 외부 조명의 조건에 따라 색의 분포가 변화하게 된다. 따라서 다양한 조명의 변화에 영향을 덜 받는 YCbCr color

* 韓 明 希 : 建國大學校 醫學工學部
 * 金 敏 燮 : 建國大學校 醫學工學部, 工博
 * 尹 泰 鮎 : 建國大學校 醫學工學部
 * 辛 承 元 : 建國大學校 醫學工學部
 ** 金 實 寧 : 漢陽大學校 醫工學校室, 醫博, 工博

space을 선택하여 RGB color space 보다 좀 더 정확한 얼굴 후보 영역을 추출 할 수 있도록 한다. 여기서 Y는 휴도 성분을, Cb와 Cr은 색차 성분을 나타낸다. 식 (1)은 RGB color space를 YCbCr color space로 변환 하는 식이다.

$$\begin{pmatrix} Y \\ Cb \\ Cr \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.257 & 0.504 & 0.098 \\ -0.148 & -0.291 & 0.439 \\ 0.439 & -0.368 & -0.071 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 16 \\ 128 \\ 128 \end{pmatrix} \quad (1)$$

인간의 시각은 색의 변화 보다 밝기의 변화에 더 민감하다. 따라서 휴도 성분인 Y는 제거하고, 색차 정보인 Cb와 Cr을 이용한다. 식 (2)와 같이 입력 픽셀의 색차 정보가 Cb와 Cr 각각의 임계값 이상일 경우에는 출력 픽셀의 값을 1로, 그렇지 않을 경우에는 0으로 설정한다. 식 (2)에서 $B(x, y)$ 는 얼굴 후보 영역으로 분할 된 출력 영상을 나타내고, $I(x, y)$ 는 입력 영상을 나타낸다. T 는 $(110 \leq Cb \leq 125) \cap (132 \leq Cr \leq 140)$ 을 의미한다.

$$B(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } I(x, y) \leq T \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

2.2 형태학적 필터링 (Morphological Filtering)

피부색으로 분할 된 이진 영상에는 많은 잡음 요소가 포함되어 있다. 이러한 잡음 요소를 제거하기 위해 형태학적 필터링을 수행한다. 형태학적 필터링은 피부색으로 분할된 얼굴 후보 영상의 윤곽선을 매끄럽게 하고, 둘째 부분을 제거함으로서 얼굴 후보 영상을 단순화 시키고, 얼굴 영역의 탐색을 보다 쉽게 한다. 앞에서 얻어진 얼굴 후보 영역에 형태학적 필터링의 가장 기본적 연산인 수축(erosion)과 확장(dilation)을 통해 영상 내에 존재하는 미세한 영역을 제거함으로서 얼굴 후보 영역을 조정한다. Opening 연산은 수축 연산 후 확장 연산을 수행하는 것으로 식 (3)과 같이 정의 되며, Opening 연산 후에는 배경 내의 작은 영역이 제거 되고, Closing 연산은 확장 연산 후 수축 연산을 수행하는 것으로 식 (4)와 같이 정의 되며, 객체 내의 고립된 잡음을 제거하게 된다.

$$A \circ SE = (A \otimes SE) \oplus SE \quad (3)$$

$$A \bullet SE = (A \oplus SE) \otimes SE \quad (4)$$

2.3 기하학적 교정 (Geometric Correction)

다음 과정에 수행 될 레이블링 과정에서, 잡음의 영향 의해 증가 할 수 있는 연산량을 줄이기 위해 수평, 수직 방향 투영을 수행 한다. 수평 방향 투영은 각각의 행을 수평 방향으로 스캔하면서 화소의 값을 더하여, 기하학적인 교정을 위해 임계값 보다 작은 행들에 대해서는 화소의 값을 0으로 설정하고, 임계값 이상일 경우에는 화소의 값을 유지한다. 이는 목선이 많이 노출 된 경우에 목 부분의 영역을 제거하는데 유용하다. 수직 방향 투영은 열을 수직 방향으로 스캔하면서 화소의 값을

더하여, 기하학적인 교정을 위해 임계값 보다 작은 행들에 대해서는 화소의 값을 0으로 설정하고, 임계값 이상일 경우에는 화소의 값을 유지한다.

2.4 레이블링 (Labeling)

추출된 얼굴 후보 영역들을 각자 분리하기 위해 미세한 영역이 제거된 이진 출력 영상에 8-근방화소를 이용한 레이블링을 수행한다. 레이블링 수행 후에는 서로 연결된 인접 화소 영역은 픽셀들의 값이 동일한 하나의 번호로 레이블링 되어 나타나며 다른 인접 영역 성분은 별도의 번호로 나타나게 된다.

2.5 얼굴 영역 검출 (Facial Region Detection)

영상 내의 얼굴 후보로 분리된 영역을 모두, 시햇의 얼굴 영역으로 간주 할 수는 없다. 그러므로 얼굴 후보 영역들 중 얼굴 영역과 피부색과 비슷한 주변 사물의 영역을 따로 분리 해야 한다. 추출된 얼굴 후보 영역 중에서 얼굴 영역을 검출하기 위해서는, 각각의 얼굴 후보 영역들에 대해서 2차 모멘트와 사람의 얼굴 형태인 타원 모양의 특성을 기반으로, 조건에 부합되는 영역만을 얼굴 영역으로 선택한다. 식 (5)~(11)로부터 타원 얼굴 형태의 얼굴 위치 모델과 영역의 중심 좌표 (x_c, y_c) , 영역이 기울어진 정도 θ 를 구할 수 있다.

$$x_c = \frac{1}{A_{(x,y) \in R}} \sum x \quad (5)$$

$$y_c = \frac{1}{A_{(x,y) \in R}} \sum y \quad (6)$$

$$\mu_{xx} = \frac{1}{A_{(x,y) \in R}} \sum (x - x_c)^2 \quad (7)$$

$$\mu_{xy} = \frac{1}{A_{(x,y) \in R}} \sum (x - x_c)(y - y_c) \quad (8)$$

$$\mu_{yy} = \frac{1}{A_{(x,y) \in R}} \sum (y - y_c)^2 \quad (9)$$

$$\theta = \begin{cases} \tan^{-1} \frac{-2\mu_{xy}}{(\mu_{xx} - \mu_{yy}) + \sqrt{(\mu_{xx} - \mu_{yy})^2 + 4\mu_{xy}^2}} & \text{if } (\mu_{xx} \geq \mu_{yy}) \\ \tan^{-1} \frac{(\mu_{yy} - \mu_{xx}) + \sqrt{(\mu_{yy} - \mu_{xx})^2 + 4\mu_{xy}^2}}{-2\mu_{xy}} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (10)$$

$$\theta = \begin{cases} \tan^{-1} \frac{(\mu_{yy} - \mu_{xx}) + \sqrt{(\mu_{yy} - \mu_{xx})^2 + 4\mu_{xy}^2}}{-2\mu_{xy}} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (11)$$

여기서 A 는 레이블링 된 영역의 넓이를, μ_{xx} , μ_{yy} , μ_{xy} 는 2차 모멘트를 표시한다. 얼굴 영역 검출의 첫 번째 조건으로, 레이블링 된 영역의 넓이를 이용하는데 이 영역의 넓이가 20×20 이상 일 경우에만 얼굴 영역 조건에 맞는 후보자로 검출되게 된다. 이렇게 넓이의 조건에 부합하는 영역

을 검출 한 후에는 영역의 장축과 단축의 비율과 영역의 기울어진 각도를 통해 좀 더 정확한 얼굴 영역을 검출하게 된다. 장축과 단축의 비율은 1~1.8, 영역의 기울기는 45° ~ 135° 가 얼굴 영역 조건으로 사용되었다. 그림 2는 레이블링 후 얼굴 영역 조건에 부합되는 영역을 Minimum Boundary Rectangle (MBR)로 나타낸 그림이다.



그림 2. 검출된 얼굴 영역 MBR

2.6 얼굴 영역 추적 (Facial Region Tracking)

PC Camera를 통해 초당 20 프레임(frame)의 속도로 움직이는 사람 얼굴 영역의 중심 위치를 추적하고자 하였다. 매 프레임이 캡처 될 때마다 앞에서 제안한 알고리즘을 통해 움직이는 사람의 얼굴 영역을 실시간으로 검출하고 이렇게

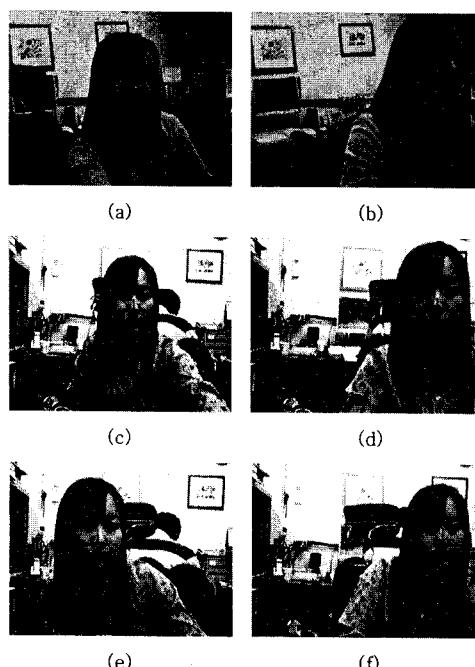


그림 3. 얼굴 영역의 중심 위치를 추적

검출된 얼굴 영역의 중심 좌표를 추적하게 된다. 그럼 3의 (a), (b)는 피부색 정보와 타원 모양 제한자를 활용하는 얼굴 영역을 검출하는 알고리즘을 통하여 PC Camera를 통해 입력되어지는 움직이는 사람의 얼굴 영역을 실시간으로 검출하여 MBR로 나타낸 영상이고, 그림 (c), (d), (e), (f)는 PC Camera를 통해 입력되어지는 움직이는 사람의 얼굴 영역을 실시간으로 검출하고 검출된 얼굴 영역의 중심 좌표를 추적하는 것을 보여주는 영상이다.

3. 결 과 및 고찰

본 논문에서는 일반적으로 많이 사용하는 RGB color space를 다양한 조명의 영향을 덜 받는 YCbCr color space로 변환하여 색차 정보인 Cb와 Cr만을 사용하여 피부색 영역을 분할 한 후 형태학적 필터링과 기하학적 교정을 통해 잡음 요소들을 제거하고, 레이블링과 타원 모양 제한자를 통해 복잡한 배경과 다양한 조명의 영향에서도 정확한 얼굴 영역을 검출하는 알고리즘을 제안하였다. 인체의 어떤 부위보다 사람의 개성과 감정을 가장 잘 나타내고 있는 얼굴을 정확하게 검출하고 실시간으로 추적함으로서 영상처리나 패턴인식, 표정 인식, 개인 식별 등의 많은 응용 분야에서 활용이 가능하고, 얼굴 영상을 특별한 기계적 장치의 접촉 없이 일반 영상 획득 장치를 통하여 쉽게 얻을 수 있다는 장점을 이용하여 건강 상태를 간접적으로 판단하고자 하는 Health Monitoring 분야에 활용이 가능하다고 본다.

Acknowledgement

본 연구는 과학기술부 산하 "실버의료기기 핵심기술개발 사업"의 지원을 받아 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- [1] Young-Gil Kim, Jae-Hyeck Han, Jae-Hyeong Ahn, "Facial Regions Detection Using the Color and Shape Information in Color Still Images", Journal of Korea Multimedia Society Vol. 4, No. 1, pp.67~74, 2001.
- [2] Heak-Bong Kwon, Dong-Jin Kwon, Un-Dong Chang, Young-Bok Yun, Jae-hyeong Ahn, "A Facial Region Detection using the Skin Color and Edge Information at YCbCr", Journal of Korea Multimedia Society Vol. 7, No. 1, pp.27~34, January 2004.
- [3] Frank Y. Shih, Chao-Fa Chuang, "Automatic extraction of head and face boundaries and facial features ", Information Sciences, Volume 158, pp 117~130, 2004.