

실시간 얼굴 방향성 추정을 위한 효율적인 얼굴 특성 검출과 추적의 결합방법

A Hybrid Approach of Efficient Facial Feature Detection and Tracking for Real-time Face Direction Estimation

김 옹 기 전 준 철*
Woonggi Kim Junchul Chun

요 약

본 논문에서는 실시간으로 입력되는 비디오 영상으로부터 사용자의 얼굴 방향을 효율적으로 추정하는 새로운 방법을 제안하였다. 이를 위하여 입력 영상으로부터 외부조명의 변화에 덜 민감한 Haar-like 특성을 이용하여 얼굴영역의 검출을 수행하고 검출된 얼굴영역 내에서 양쪽 눈, 코, 입 등의 주요 특성을 검출한다. 이후 실시간으로 매 프레임마다 광류를 이용해 검출된 특징 점을 추적하게 되며, 추적된 특징 점을 이용해 얼굴의 방향성 추정한다. 일반적으로 광류를 이용한 특징 추적에서 발생할 수 있는 특징점의 좌표가 유실되어 잘못된 특징점을 추적하게 되는 상황을 방지하기 위하여 검출된 특징점의 템플릿 매칭(template matching)을 사용해 추적 중인 특징점의 유효성을 실시간 판단하고, 그 결과에 따라 얼굴 특징 점들을 다시 검출하거나, 추적을 지속하여 얼굴의 방향성을 추정을 가능하게 한다. 템플릿 매칭은 특징검출 단계에서 추출된 좌우 눈, 코끝 그리고 입의 위치 등 4가지 정보를 저장한 후 얼굴 포즈 측정에 있어 광류에 의해 추적 중인 해당 특징점들 간의 유사도를 비교하여 유사도가 임계치를 벗어 날 경우 새로이 특징점을 찾아내는 작업을 수행하여 정보를 갱신한다. 제안된 방법을 통해 얼굴의 특성 추출을 위한 특성 검출과정과 검출된 특징을 지속적으로 보완하는 추적과정을 자동적으로 상호 결합하여 안정적으로 실시간에 얼굴 방향성 추정 할 수 있었다. 실험을 통하여 제안된 방법이 효과적으로 얼굴의 포즈를 측정할 수 있음을 입증하였다.

☞ 주제어 : 얼굴 인식, 스킨 컬러, Haar-like feature, 광류, 템플릿 매칭, 얼굴 방향성 추정

ABSTRACT

In this paper, we present a new method which efficiently estimates a face direction from a sequences of input video images in real time fashion. For this work, the proposed method performs detecting the facial region and major facial features such as both eyes, nose and mouth by using the Haar-like feature, which is relatively not sensitive against light variation, from the detected facial area. Then, it becomes able to track the feature points from every frame using optical flow in real time fashion, and determine the direction of the face based on the feature points tracked. Further, in order to prevent the erroneously recognizing the false positions of the facial features when if the coordinates of the features are lost during the tracking by using optical flow, the proposed method determines the validity of locations of the facial features using the template matching of detected facial features in real time. Depending on the correlation rate of re-considering the detection of the features by the template matching, the face direction estimation process is divided into detecting the facial features again or tracking features while determining the direction of the face. The template matching initially saves the location information of 4 facial features such as the left and right eye, the end of nose and mouse in facial feature detection phase and reevaluated these information when the similarity measure between the stored information and the traced facial information by optical flow is exceed a certain level of threshold by detecting the new facial features from the input image. The proposed approach automatically combines the phase of detecting facial features and the phase of tracking features reciprocally and enables to estimate face pose stably in a real-time fashion. From the experiment, we can prove that the proposed method efficiently estimates face direction.

☞ keyword : Face detection, Skin color, Haar-like feature, Adaboost, Optical flow, Template matching, Face pose estimation

¹ Department of Computer Science, Kyonggi University, Gyeonggi-do, 443-760, Korea.

* Corresponding author (jochun@kyonggi.ac.kr)

[Received 9 September 2013, Reviewed 01 October 2013, Accepted 16 Oct 2013]

☆ 본 연구는 경기도가 지원하는 GRRC 프로그램의 “소셜서비스 융합 플랫폼 요소기술개발 및 산업화 (GRRC 경기 2013-B01)”의 수행 결과임.

☆ 본 논문은 2013년도 인터넷정보학회 춘계학술발표의 우수논문 추천에 따라 확장 및 수정된 논문임.

1. 서 론

HCI의 발달로 인한 인간과 컴퓨터간의 상호작용에 대해 많은 연구가 진행되고 있으며, 그 중 사람의 얼굴을 인식하는 응용 기술 분야에 많은 관심이 모아지고 있다. 얼굴로 표현할 수 있는 다양하고 수많은 표정과 특징들은 간단한 의사소통이나 사람의 감정, 기분, 컨디션 등을 파악할 수 있는 많은 정보를 내포하고 있으나, 아직까지도 다양한 제약조건이나 환경적인 요인 등의 변수들로 인하여 이를 제대로 활용하지 못하고 있다. 그 중 얼굴의 방향성을 추정하는 얼굴의 다양한 정보들을 활용하기 위한 가장 기초적인 작업이다.

얼굴을 인식하기 위한 기술적인 방법들은 다음과 같이 크게 4가지로 세분화 할 수 있다. 지식 기반 방법(knowledge-based methods)은 얼굴 주요 성분들이 일정한 기하학적, 위상학적인 관계를 가지고 있다는 전제로 얼굴을 검출하는 방법으로, 정면 얼굴 검출에는 상당히 뛰어난 검출률을 보이거나 다양한 기울기나 각도 변화에 취약하다는 단점을 가지고 있다. 특징 기반 방법(feature-based methods)은 얼굴 성분들의 크기나 모양, 색상, 질감 등의 정보를 이용하여 연산이 빠른 시간에 처리되어 실시간 검출에 유리하나 빛, 배경 등의 오인식률이 상당히 높다. 템플릿 매칭 방법(template-matching methods)은 얼굴에 대한 표준 템플릿을 만든 후 비교를 통해 검출을 하는 방법이며, 빛과 배경 등에 강건하지만 얼굴의 다양한 크기나 기울기, 각도변화에 민감하다. 외형 기반 방법(appearance-based methods)은 얼굴의 학습된 구조적 모델을 이용해서 얼굴을 검출하는 방법이며, 인식률이 높으나 데이터베이스 학습이나 연산에 매우 많은 시간이 소모가 된다는 단점을 지니고 있다[1].

인식된 얼굴 및 얼굴의 특징 정보들을 사용하여 얼굴의 방향성을 추정하는 방법에는 Gee와 Cipolla[2]가 제안한 얼굴 특징간의 거리들을 이용해 비율을 가정하는 의 방법, Ballard[3]의 특징 점간의 거리 정보를 미리 파악하여 추정하는 방법, CHM(Cylinder Head Models)[4]가 제안한 가상의 실린더 모델을 얼굴에 적용하여 방향성을 추정하는 방법, 그밖에 스테레오 영상을 사용하여 추정하는 방법 등이 존재한다[5][6]. 그러나 이러한 방법들이 지난 문제점은 얼굴특성에 대한 사전 정보라는 제약적인 정보가 필요거나, 특징 인식 오류 및 추적 오류 등의 요인들을 별도로 처리하는 과정 없이 실시간 얼굴 방향성 검출의 지속성과 안정성을 보장 받지 못한다는 문제점을

지니고 있다. 이러한 문제점을 극복하기 위하여 실린더 모델과 광류를 결합한 얼굴포즈추정 방법이 Chun[7]에 의하여 소개되었다. 그러나 이 방법에서도 얼굴방향이 특정 각도이상 회전 시 얼굴의 특징점을 추적을 하지 못하는 한계를 지니고 있다.

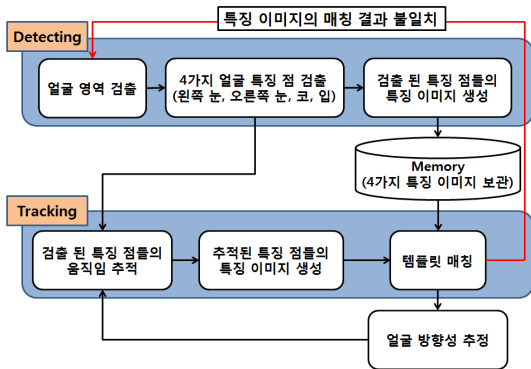
본 논문에서는 안정적인 지속적인 실시간 얼굴의 방향성을 검출하기 위하여 얼굴의 특성 검출 과정과 특성 추적 과정이 상호 결합된 순환처리 방법을 제시한다. 특성 검출 과정에서는 얼굴 방향성을 추정하기 위한 네 가지 주요 특징 점을 검출하게 되고, 특징 추적 과정에서는 광류(optical flow)를 사용하여 검출된 특징 점들을 빠르게 추적한 후 얼굴 방향성을 추정한다. 이 과정에서 추적된 특징 점의 특징 영상과 특징 검출 과정에서 검출된 특징 영상들 간의 템플릿 매칭 결과를 이용하며 상관관계 임계치를 모두 만족 할 경우 추적 과정을 계속해서 수행하게 되고, 임계치에 미치지 못할 경우 검출과정을 다시 수행하도록 한다. 이 두 가지 과정을 순환적으로 처리함으로써 얼굴의 방향성을 지속적으로 추정하게 된다.

논문의 주요 내용은 다음과 같다. 2장에서는 얼굴의 주요 특징 점들을 검출하기 위해 YCbCr 컬러모델을 이용한 피부색 검출 방법과 Haar-like 특성을 이용한 얼굴 영역 검출 방법 및 얼굴 특징 점 검출 방법에 대해 소개하였으며, 광류를 이용한 얼굴의 특징 점 추적 방법과, 템플릿 매칭을 이용하여 추적 오류를 개선하는 방법 및 얼굴 특징 점을 이용하여 얼굴의 방향성을 추정 하는 방법에 대해 설명하였다. 3장에서는 제안한 방법의 실험 결과를 제시하였으며, 4장에서는 결론 및 향후 연구 방향을 기술하였다.

2. 얼굴 방향성 추정방법

본 논문에서 제안하는 얼굴 방향성 추정 방법은 (그림 1)과 같다.

제안한 시스템에서 얼굴방향성 추정은 크게 두 가지 과정의 순환적 작용에 의하여 수행된다. 얼굴 특성 검출(detecting) 과정에서는 얼굴의 영역을 검출하고 검출된 얼굴 영역 내에서 Haar-like 특성을 이용하여 얼굴의 방향성을 추정하기 위해 왼쪽 눈, 오른쪽 눈, 코, 그리고 입을 검출한다. 이 단계에서는 4개의 얼굴 특징 점을 모두 검출할 때 까지 영상 내 특징 검색을 계속해서 반복 하게 되며, 검출이 완료가 되면 주요 특징의 영상을 생성하여 메모리에 저장한 후 추적(tracking)과정으로 전환하게 된다.



(그림 1) 얼굴 방향성 검출 시스템
(Figure 1) Facial pose estimation system

특성 추적 과정에서는 앞서 특성 검출 과정에서 검출한 4가지 주요 특징 점을 광흐름을 이용하여 매 프레임마다 빠른 속도로 추적하게 되며, 추적 과정 중에 검출한 특징 영상과 메모리에 저장된 특징 영상과의 유사성(similarity)을 템플릿 매칭을 이용해 실시간 비교하여 추적과정의 오류를 감지하게 된다. 추적이 완료된 특징 점들을 사용하여 얼굴의 방향성을 추정하게 되고, 이 과정에서 특징 이미지들 중 한 가지라도 매칭 확률이 떨어지게 되면, 잘못 추적된 특징 점 추적으로 인식하여 다시 얼굴 특성의 검출 과정으로 전환하게 된다.

2.1 얼굴 특징점 검출 방법

2.1.1 $YCbCr$ 컬러모델을 이용한 얼굴 영역 검출

얼굴영역 검출 방법 가운데 손쉽고 보편적으로 사용되는 방법에는 스킨 컬러 모델(skin color model)을 이용하는 방법이 있다. $YCbCr$ 은 대표적인 얼굴 검출 모델로 인식되고 있다. *Chai*[8]은 실시간으로 입력받은 RGB영상을 $YCbCr$ 영상으로 변환 한 후 C_b 와 C_r 의 범위를 수식 (1)와 같이 조절하여 이진화를 수행하고 얼굴 영역을 검출하였다.

$$B(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } (77 \leq C_b \leq 127) \cap (133 \leq C_r \leq 173) \\ 0 & \text{Otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

이 과정을 통해 얼굴 영역으로 판단된 화소와 얼굴 영역이 아니라고 판단된 화소가 분리되게 되며, 모폴로지(morphology)연산을 통해 잡음을 제거한 후 라벨링(labeling)을 통해 얼굴 영역을 검출한다. 이 방법은 쉽게 구현이 가능한 장점이 있으나 외부조명의 변화에 민감하게 반응

하여 잘못된 검출결과를 나타내는 상황이 발생하는 스킨 컬러 모델의 구조적인 문제를 완전히 벗어나지 못하는 한계가 있으며, 이를 극복하기 위한 전처리나 후처리의 추가 작업이 필요한 문제를 내포하고 있다.

2.1.2 Haar-like 특성을 이용한 얼굴 영역 및 특징점 검출

본 연구에서는 스킨 컬러에 의한 얼굴영역 검출과 얼굴 특성 검출의 방법의 문제를 완화하기 위하여, Haar-like 특성에 의한 얼굴 영역 및 특성 추출 방법을 적용하였다. Haar-like 특성은 이용한 얼굴 검출 방법은 AdaBoost 기반의 학습 알고리즘에 의존하는 방법이며, 배경이나 빛의 영향에 안정적인 검출 방법으로 인식되고 있다.[9]



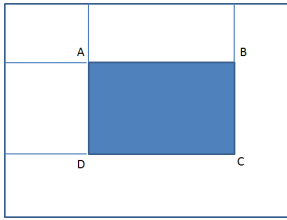
(그림 2) 대표적인 Haar-like 특성
(Figure 2) Representative Haar-like features

Haar-like 특성은 (그림 2)와 같이 0과 1로 이루어진 단순한 형태의 특성을 지니며, 직사각형 전체 크기 화소 값들의 합에서 검은색 영역의 화소 값들의 합을 이용하여 계산하여 특징 값을 구한다. 입력 영상을 바탕으로 적분 영상(integral image)을 생성하게 되면 화소 값들의 합을 계산하기 위한 반복적인 연산을 효과적으로 줄여 Haar-like 특성의 특징 값을 빠르게 계산 할 수 있다.

$$I(x, y) = \sum_{\substack{x' \leq x \\ y' \leq y}} i(x', y') \quad (2)$$

수식 (2)에서 $I(x, y)$ 는 적분영상이며, $i(x', y')$ 은 원영상의 화소 값이다. 이와 같이 누적 된 화소 값들의 합이 사상된 적분영상을 생성하면 특징 값을 계산하기 위해 화소 값들을 매번 더해야 하는 과정을 생략 할 수가 있다. (그림 3)의 적분영상 내에 A, B, C, D로 이루어진 사각형의 픽셀 값의 합은 수식 (3)의 연산으로 쉽게 계산이 가능하다.

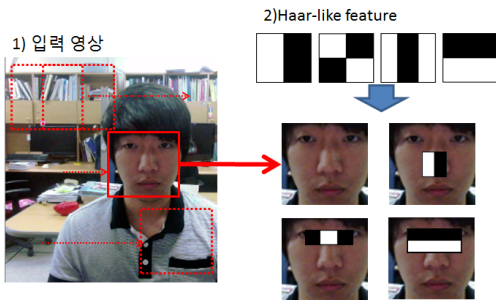
$$\sum_{\substack{A(x) \leq x' < C(x) \\ A(y) \leq y' < C(y)}} i(x', y') = I(C) + I(A) - I(B) - I(D) \quad (3)$$



(그림 3) 적분영상
(Figure 3) Integral image

(그림 4)는 Adaboost로 부터 학습 된 분류기를 이용해 영상 전체 영역을 탐색하여 얼굴 영역을 검출하는 과정을 보여주고 있다. Adaboost 알고리즘은 약 분류기(또는 특성정보) $h_t(x)$ 를 선형적으로 결합하여 강한 분류기 $f(x)$ 를 생성하는 알고리즘으로 다음 수식 (4)와 같이 정의된다[9].

$$f(x) = \sum_{t=1}^T \alpha_t h_t(x) \quad (4)$$



(그림 4) Haar-like 특성을 이용한 얼굴 영역 검출과정
(Figure 4) The process of face detection using Haar-like feature

얼굴의 주요 특징은 얼굴 검출과 동일한 방법으로 검출된 얼굴 영역 내에서 Haar-like 특성을 이용하여 눈과 코, 입 특징 점들을 검출한다. 검출된 특징 점의 영상들은 특징점 추적 과정의 유효성을 판단하기 위해 메모리에 임시로 저장한다.

2.2 특징 점 추적 및 회복 방법

기존의 얼굴 특징 점 검출 방법만으로는 얼굴 방향성을 추정할 때 속도가 떨어지고 좌표가 일관적이지 못하

게 검출이 되어 실시간으로 적용하기에는 어려움이 있다. 이를 극복하기 위해 LK(Lucas-Kanade)의 광류[10]를 이용하여 얼굴의 특징 점을 추적하고, 템플릿 매칭을 이용해 추적된 특징 점의 유효성을 평가하였다.

LK이 제안한 광류 방법은 다음과 같이 세 가지의 가정을 통해 화소의 움직임을 계산하게 된다. 밝기 항상성은 영상 내 객체의 화소는 프레임이 바뀌어도 그 값이 변하지 않는다는 가정이며, 시간 지속성은 연속적인 영상 내에서의 객체의 이동량이 크지 않고, 공간 일관성은 공간적으로 서로 인접하는 점들은 동일한 객체에 속할 가능성이 높고 동일한 움직임을 갖는다는 가정을 통해 특징 점의 위치를 추정하게 된다. 그러나 현실적으로 조명이나 빛의 영향, 특징 점의 크고 빠른 움직임의 영향을 받게 되면 (그림 5)의 경우와 같이 특징점의 추적 과정에서 오류가 발생하게 된다. 이를 극복하기 위해 템플릿 매칭으로 특징 점의 유효성을 판단하게 된다.



(그림 5) LK의 광류 추적 오류
(Figure 5) Tracking error of LK Optical flow

템플릿 매칭은 영상의 유사성을 수치적으로 비교하는 방법으로, 제안된 방법의 얼굴 특징 점 검출 과정에서 메모리에 저장시킨 특징 영상들과 광류를 통해 추적한 특징 점들의 특징 영상들을 상관계수 매칭 방법에 의해 다음과 같이 추정한다.

$$C = \sum_{x,y} (T(x,y) I(x,y)) \quad (5)$$

수식 (5)에서 C 는 정규화 된 상관계수, T 는 메모리에 저장된 특징 영상, I 는 추적중인 특징 이미지이며, T 와 I 의 크기는 동일하다. 계산된 상관계수 C 의 범위는 -1 에서 1 사이의 정규화 된 값이 도출이 되며, 상관계수가 -1 에 가까우면 특징 영상간의 유사성이 적고 1 에 가까우면 영상간의 유사성이 높음을 판단 할 수 있다.

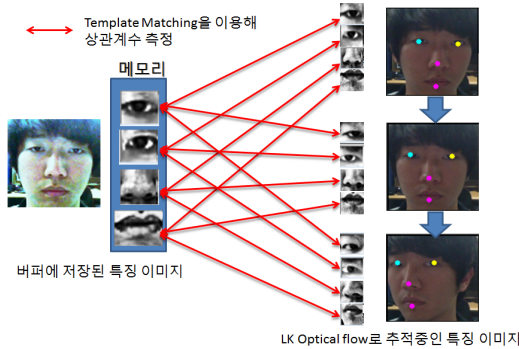
다음 수식 (6)는 Rodgers[11]가 제안한 정규화 계수이다. 이를 이용하면 영상간의 조명의 영향을 크게 줄여주게 되며 수식 (7)의 방법으로 측정된 상관계수와 결합하

여 정규화 된 상관계수 \hat{C} 를 얻을 수 있다[12]. 이상의 과정을 이용해 추적 된 특징 점들의 오류를 판단하게 되며, 4가지의 특징 이미지들의 결과 값 \hat{C}_{EyeL} , \hat{C}_{EyeR} , \hat{C}_{Nose} , \hat{C}_{Mouth} 중 임의로 지정된 특정 임계치를 넘지 못한 경우, 추적 과정을 중지하고 다시 얼굴 특성 검출 과정으로 전 환되어 얼굴 특정 점을 새롭게 검출하게 된다.

$$Z = \sqrt{\sum_{x,y} T(x,y)^2 \sum_{x,y} I(x,y)^2} \quad (6)$$

$$\hat{C} = \frac{C}{Z} \quad (7)$$

다음 (그림 6)은 템플릿 매칭에 의하여 메모리상에 저장된 얼굴특성 영상과 추적과정의 얼굴의 주요특성이 유사한가를 비교하는 상황을 설명하고 있다.



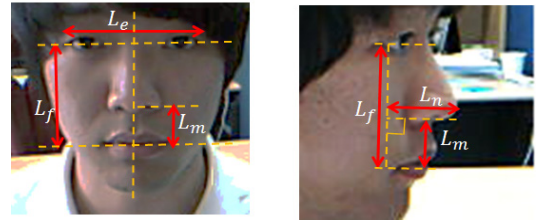
(그림 6) 템플릿 매칭을 이용한 추적 오류 검출

(Figure 6) Tracking error detected using template matching

2.3 얼굴 방향성 추정

앞서 추적된 특징 점들의 좌표들을 이용하여 얼굴의 방향성을 다음과 같이 추정하게 된다. 본 연구에서는 Gee[2]가 제안한 얼굴 방향성 추정 방법을 적용하였다. 이방 법은 왼쪽 눈, 오른쪽, 눈, 코, 입 4가지 특징을 이용하여 3개의 좌표축을 중심으로 한 모든 방향성을 추정할 수 있다. 검출한 특징 점들 간의 거리와 비율을 이용하여 가상의 얼굴 중점을 생성하고, 얼굴 중점과 코끝이 이루는 법선을 가정하여 얼굴의 방향성을 추정하게 된다.

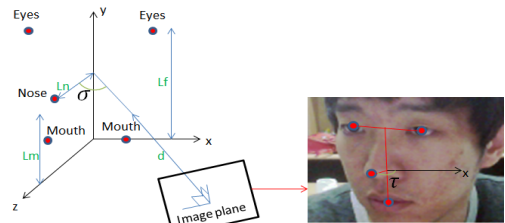
$$R_e = \frac{L_e}{L_f}, R_m = \frac{L_m}{L_f} \text{ and } R_n = \frac{L_n}{L_f} \quad (8)$$



(그림 7) 얼굴의 특징점간의 거리

(Figure 7) Four world lengths distances between facial features

수식 (8)에서 L_n 은 얼굴 중심에서 코 끝 까지의 높이, L_e 은 두 눈 사이의 거리, L_m 은 입과 얼굴 중심까지의 거리, L_f 는 입과 두 눈 중심까지의 거리를 나타내게 되며 이러한 4가지의 거리 특징을 이용하여 R_e , R_m , R_n 을 형성하게 된다. 정의된 거리 비에 의해 적용된 3차원 공간에서의 얼굴 중심 좌표 시스템 모델은 (그림 8)과 같다.



(그림 8) 얼굴 중심 좌표 시스템

(Figure 8) Face-centered coordinate system

(그림 8)의 영상플랜(image plane)에서 얼굴 중심으로 향하는 단위 직교 벡터를 $\vec{d} = [d_x, d_y, d_z]$ 라 가정하고, 영상플랜에 투영시킨 얼굴 비율 l_n 과 l_f 를 수식 (9)를 이용해 생성한다.

$$\begin{aligned} l_n &= L_n \sin \sigma = L_n \sqrt{1 - d_z^2} \\ l_f &= L_f \sin \sigma = L_f \sqrt{1 - d_y^2} \end{aligned} \quad (9)$$

2차원 평면에 투영된 얼굴 비율을 계산하기 위해서 d_y 와 d_z 의 제약조건을 각각 m_1, m_2 라 하면 다음과 같이 정의된다.

$$\begin{aligned} m_1 &\equiv \left(\frac{l_n}{l_f}\right)^2 = R_n^2 \left(\frac{1 - d_z^2}{1 - d_y^2}\right) \\ m_2 &= \frac{d_y^2 d_z^2}{(1 - d_y^2)(1 - d_z^2)} \end{aligned} \quad (10)$$

수식 (10)을 d_y 에 대해 정리하면 수식 (11)과 같이 d_y 를 소거한 식을 유도할 수 있다.

$$R_n^2(1-m_2)d_z^4 + (m_1 - R_n^2 + 2m_2R_n^2)d_z^2 - m_2R_n^2 = 0$$

if ($m_2 = 1$) then $d_z^2 = \frac{R_n^2}{m_1 + R_n^2}$

else if ($0 \leq m_2 < 1$) then

$$d_z^2 = \frac{R_n^2 - m_1 - 2m_2R_n^2 + \sqrt{(m_1 - R_n^2)^2 + 4m_1m_2R_n^2}}{2(1-m_2)R_n^2}$$

수식(11)에서 추정된 d_z 값과 영상플랜의 x 축과 l_n 간의 각도를 통해 σ 를 추정하면 다음과 같다.

$$\sigma = \cos^{-1}|d_z|$$

$$\tau = \tan^{-1}|l_n|$$

결과적으로 수식 (12)에서 추정된 σ 로 얼굴 방향 벡터 \vec{n} 을 수식 (13)과 같이 구할 수 있다.

$$\vec{n} = [\sin \sigma \cos \tau, \sin \sigma \sin \tau, -\cos \sigma]$$

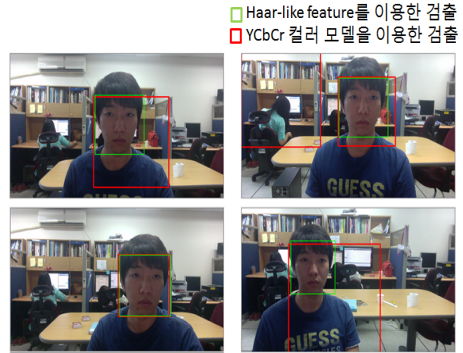
3. 실험 결과

본 논문에서 제안한 얼굴 방향성 추적 시스템은 Inter Core I5-2500s, 2.7GHz CPU, 4GB RAM, AMD Radeon HD 6770M 환경에서 구현되었다. 얼굴 영역검출은 대표적인 YCbCr 모델과 Haar-like 특성을 이용하여 다양한 주변 조명 영상에 대하여 실험 하였다.

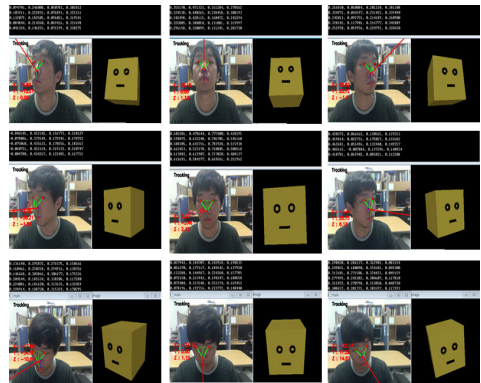
(그림 9)에서의 실험을 통해 YCbCr 모델을 이용한 얼굴 영역 검출 방법보다 Haar-like 특성을 이용한 얼굴검출 방법이 주변 배경, 조명등의 요인에 훨씬 강건한 검출 결과를 보임을 확인 할 수 있었다.

(그림 10)은 다양한 각도에서의 얼굴 포즈 추정 결과를 나타내고 있으며, 템플릿 매칭 시의 임계치는 양 쪽 눈 이미지가 40% 이상 일치할 경우, 코 이미지가 50%이상, 입 이미지가 50% 이상일 때 추적을 지속시키고 얼굴 방향성을 검출 하도록 한 결과이다. 임계치를 넘지 못하면 특징 검출 과정을 다시 수행하며, 완료되면 다시 특징 추적 과정으로의 전환이 지속적으로 수행되면서, 속도도 빠르고

특징 점 추적 오류를 자동적으로 보정시키는 안정적인 얼굴 방향성 추정이 가능함을 확인할 수 있었다.



(그림 9) 주변 환경에 따른 얼굴 영역 검출 결과 비교
(Figure 9) Comparative results of facial region detection in varying background condition



(그림 10) 실시간 얼굴 방향성 추정 및 캐릭터 모델에 적용한 결과
(Figure 10) The result of applying the character models and real-time face pose estimation.

4. 결 론

본 논문에서는 얼굴영역 및 얼굴 특징점을 검출하는 검출 과정과 특징점을 실시간 추적하는 추적 과정의 순환적 결합을 통해 실시간 입력되는 얼굴 영상으로부터 얼굴 특징을 검출 추적하여 얼굴의 방향성을 지속적으로 추정할 수 있는 지능형 시스템을 제안하였다. 얼굴의 방향성을 추정하기 위해 특징검출 과정에서는 Haar-like 특

성을 이용하여 얼굴 및 4개의 주요 얼굴 특징 점들을 찾고, 이를 추적하는 과정에서 실시간 처리에 적합하도록 광류를 이용하여 추적하였다. 추적 과정에서 광류의 사용 중 외부 조명 영향에 따라 발생하는 특징 점 추적의 오류를 템플릿 매칭을 이용하여 감지하고 새로운 특징점을 계산하여 잘못 추적된 특징점의 위치를 보정하여 얼굴의 방향성을 효과적으로 추정할 수 있었다.

연구결과 얼굴 방향성 추정에 있어 만족스러운 결과를 보이고 있으나 제안된 시스템의 성능 향상을 위해서 특징점 검출 과정의 시간을 최소화 하며, 추적 과정을 계속 지속 시킬 수 있어야 한다. 이를 위해 특징점 검출을 더 정확하고 빠르게 수행할 수 있도록 특징 검출 알고리즘을 개선하고, 강건한 특징점 추적과 추적 오류의 정확한 감지를 위해 조명변화 등 외부 환경의 변화요인으로 인한 템플릿 매칭 시점에 최적의 임계치를 탐색하기 위한 연구가 향후에 필요하다.

참 고 문 헌(Reference)

- [1] H. A. Rowley, S. Baluja and T. Kanade, "Neural Network-based Face Detection", IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.20, Issue 1, pp 23-28, 1998.
- [2] A. Gee and R. Cipolla, "Estimating gaze from a single view of a face." In Proceedings of IEEE International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 758-760, 1992.
- [3] Philippe Ballard and G. Stockman, "Controlling a computer via facial aspect," IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. 25. No. 4, pp.669-677, 1995.
- [4] J. Xiao, T. Moriyama, and T. Kanade, "Robust Full-Motion Recovery of Head by Dynamic Templates and Re-registration Techniques", Proc International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, pp. 163-169, 2002.
- [5] T. Minagawa, H. Saito and S. Ozawa, "Face-direction estimating system using stereo vision," Proc. of the 23rd Annual International Conference of the IEEE Industrial Electronics Society. New Orleans, Vol. 3, pp. 1454-1459, 1997.
- [6] M. Chung, J. Park, S. Ohm, H. Jo, "A Simple Way to Find Face Direction.", Journal of Korea Multimedia Society, Vol. 9. No. 2, pp.234-243, 2006.
- [7] J. Chun and O. Kwon, "A vision-based approach for facial expression cloning by facial motion tracking," KSII Transactions on Internet and Information Systems, Vo; 2, No. 2, pp. 5-18, 2008.
- [8] Chai. D. and Ngan. K.N., "Face segmentation using skin-color map in videophone applications.", IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 9, pp. 551-564, 1999.
- [9] Paul Viola, Michael J. Jones, "Robust Real-Time Face Detection.", International Journal of Computer Vision, 57(2), pp.137-154, 2004.
- [10] B. Lucas and T. Kanade, "An Iterative Image Registration Technique with an Application to Stereo Vision", In International Joint Conference on Artificial Intelligence, pp. 674-679, 1981.
- [11] J. L. Rodgers and W. A. Nicewander, "Thirteen ways to look at the correlation coefficient.", American Statistician 42, pp. 59 - 66, 1988.
- [12] G. Bradski and A. Kachler, "Learning OpenCV.", O'Reilly, pp. 214-219, 2009.

● 저 자 소 개 ●



김 웅 기(WoongGi Kim)

2013년 경기대학교 수학과 졸업(학사)
2013년~현재 경기대학교 대학원 컴퓨터과학과(공학석사)
관심분야 : 비전기반 HCI, 컴퓨터그래픽스, 얼굴인식
E-mail : bemong1@naver.com



전 준 철(JunChul Chun)

1984년 중앙대학교 전자계산학과 졸업(공학사)
1986년 중앙대학교 대학원 전자계산학과(공학석사)
1987년 2월~1988년 6월 삼성반도체 통신연구소 S/W 공학 연구실 연구원
1992년 The Univ. of Connecticut, 컴퓨터공학과 (석사)
1995년 The Univ. of Connecticut, 컴퓨터공학과 (컴퓨터 그래픽스 전공 박사)
1995년~현재 경기대학교 컴퓨터과학과 교수
2010년 7월~현재 경기대학교 CCSRC(콘텐츠융합 소프트웨어 연구센터) 센터장
2001년~2002년 2월 Michigan State Univ. 컴퓨터공학과 패턴인식 연구실 방문 연구원
2009년~2010년 2월 Univ. of Colorado, Boulder, 컴퓨터과학과 Wellness Innovation and Interaction Lab. 방문 연구원
관심분야 : 비전기반 HCI, 컴퓨터 애니메이션, 증강현실, 의료영상처리 등
E-mail : jcchun@kgu.ac.kr