

# 영역-기반 접근방법을 이용한 얼굴 추적시스템 설계 및 구현

송복득\*, 이지현, 장원달, 윤태수, 양황규  
동서대학교 인터넷 공학부  
e-mail:protein@dongseo.ac.kr

## Design and Implementation of Face Tracking system using region-based approach

Bok Deuk Song\*, Ji Hyun Lee, Won Dal Jang,  
Tae Soo Yun, Hwang Kyu Yang

Division of Internet Engineering, Dongseo University

### 요 약

본 논문에서는 연속영상 속에 있는 얼굴영역을 칼만 필터를 이용하여 추적하는 방법을 제안한다. 제안된 방법은 영역-기반접근(region-based approach)방법인 워터셰드 알고리즘을 이용하여 초기 영역 분할 작업을 한 후 얼굴칼라 모델과의 매칭작업을 통해서 얼굴영역을 찾아내는 얼굴검출 단계와 추출된 얼굴영역의 칼라정보를 칼만 필터의 입력으로 하여 얼굴을 추적하는 단계로 구성되어 있다. 실험결과를 통하여 제안된 방법이 배경이 복잡한 영상에 대해서도 효율적으로 얼굴을 추적할 수 있음을 보인다.

### 1. 서론

최근 인터넷과 각종보방의 발달 및 멀티미디어 기술이 발달함에 따라 원격교육이나 가상대학 시스템, 화상회의 등이 급속히 증가하고 있으며 가상공간에서 이루어지는 모든 원격 시스템은 참가자의 상호 정보교류 및 검증을 위한 다양한 인식기술이 요구되어진다. 또한 휴먼-컴퓨터 인터페이스를 개발하기 위한 한 분야로서 얼굴 인식 기술에 대한 연구가 많이 진행되고 있다[1,2].

이러한 연구분야 중 자연영상에서 사람의 얼굴을 검출하는 방법은 얼굴 인식 분야에서 중요한 연구과제이며 상당히 어려운 연구과제로 대두되고 있다. 영상 인식의 첫 단계로서 얼굴 영역 및 얼굴 특징을 추출하는 방법으로 칼라 정보를 이용하는 방법[3], 얼굴 구성성분의 파라미터 추출에 의한 방법[4], 신경 회로망을 이용한 방법[5] 등 다양한 연구들이 진행되고 있다.

본 논문에서는 영역 기반의 접근방법인 워터셰드 변환을 이용하여 초기 얼굴 영역을 찾고 칼만 필터를 이용하여 얼굴을 추적하는 시스템을 제안한다. 워터셰드 변환은 정지영상 및 동영상에서의 객체 분할을 위해 많이 사용되며 칼만 필터는 잡음에 간섭을 받지 않으며 이동 물체 추적에 대한 동작정보를 측정하고, 그 정보를 연속하는 프레임에서 물체의 출현을 예측하기 위해 많이 사용되어진다.[6]

워터셰드변환을 이용하여 분할한 영역에 대하여 얼굴 칼라 모델을 적용하여 얼굴에 속하는 영역들을 찾고 이를 병합하여 영역을 포함하는 최소의 사각형

을 그린다. 이러한 작업을 통한 사각형의 값을 칼만 필터의 초기 상태 값으로 입력한다. 제안된 방법은 초기 영상에서 얼굴을 효율적으로 찾을 수 있으므로 배경이 복잡한 영상에서도 얼굴 영역을 찾을 수 있다.

### 2. 제안된 방법의 전체 개요

본 논문에서 얼굴 영역 검출 과정과 얼굴 추적과정의 두단계로 구성되어 있다. 아래의 블록다이어그램에 나타나 있는 방법을 이용하여 얼굴 영역 검출 및 추적을 하는 방법을 제안한다.

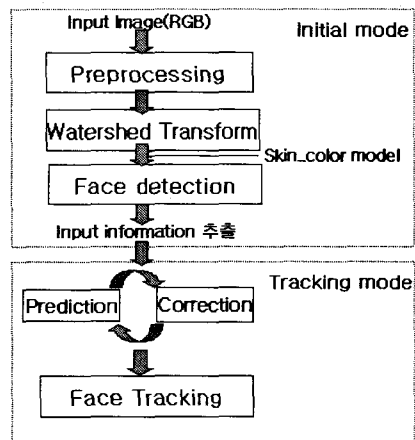


그림1. 제안된 방법의 전체 구조도

이 논문은 2003년도 Brain Busan 21 사업에 의하여 지원되었음.

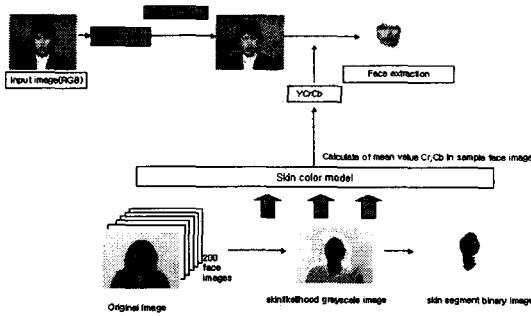


그림2. 얼굴 영역 검출 과정

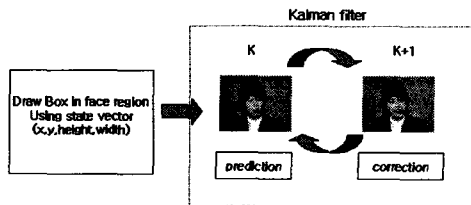


그림3. 칼만 필터를 이용한 얼굴 추적과정

그림2와 그림3은 단일영상에서 움직이는 아나운서 영상을 이용하여 얼굴 영역 검출과정과 얼굴 추적 과정에 대한 과정을 나타낸다.

초기 입력 이미지를 워터셰드변환을 통해서 분할한 다음 분할된 영역을 칼라모델을 이용하여 얼굴 영역을 검출한 다음 동일 영역을 병합하는 작업을 거친다. 얼굴 영역으로 검출된 영역을 포함하는 최소의 사각형 박스를 칼만 필터의 초기 입력 상태 벡터로 사용한다.

### 3. Watershed 변환을 이용한 얼굴 영역 탐지

#### 3.1 전처리 과정

전처리 과정은 영상 속에 있는 잡음과 양자화에 의한 에러를 제거하는 단계이다. 전통적인 워터셰드 변환은 이러한 요인에 의해 많은 지역적인 최소값을 생성하는데 이것이 워터셰드변환을 수행할 때 과분할을 발생시킨다.[7]

이러한 과분할 문제를 해결하기 위해서 수학적 모폴로지 연산(opening, closing)과 미디언 필터링을 이용하여 경계면에 존재하는 잡음이나 양자화 에러를 제거한다. 필터링한 영상은 CERM변환을 이용하여 재구성한다.[8]

CERM 변환에서는 Automatic thresholding 기법을 이용하여 작은 지역 최소들을 제거 한 다음 워터셰드 변환의 입력으로 사용될 기울기 영상을 만든다. 마지막으로 수식(2)와 모폴로지 기울기값 평균값을 평균값까지 침식시키는 연산을 수식(3)을 통해서 수행한다. 마지막으로 재구성된 기울기 영상을 이용하여 워터셰드변환을 한다.

$$\sigma^2(T) = \sum_{i=0}^T [i - \mu_1(T)]^2 \cdot P(i) + \sum_{i=T+1}^{255} [i - \mu_2(T)]^2 \cdot P(i) \quad (1)$$

where

$$\mu_1(T) = \frac{\sum_{i=0}^T i \cdot H(i)}{\sum_{i=0}^T H(i)}, \quad \mu_2(T) = \frac{\sum_{i=T+1}^{255} i \cdot H(i)}{\sum_{i=T+1}^{255} H(i)}$$

$$P(i) = \frac{H(i)}{\sum_{i=0}^{255} H(i)}, \quad H(i) = \text{Histogram}$$

$$f_{CERM}(x, y) = \begin{cases} \text{threshold, if } (f(x, y)) < \text{threshold} \\ f(x, y) \times 2, \text{ otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

$$G(f_{CERM}) = A \oplus B - A \ominus B \quad (3)$$

그림 4의 (a),(b)는 수학적 모폴로지 연산 opening, closing을 수행한 결과영상, (c)는 모폴로지 기울기 값을 나타내는 영상, (d)는 CERM변환과정을 통하여 재구성한 영상을 이용하여 워터셰드 변환을 거친 결과영상을 보여준다.

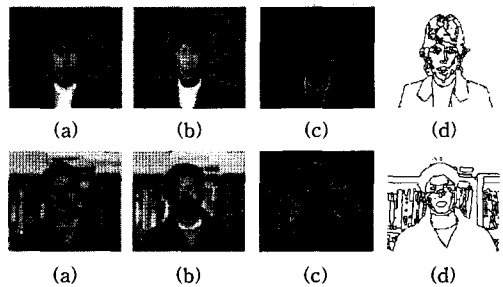


그림4. CERM변환과정을 통한 워터셰드 변환

#### 3.2 스킨 칼라 모델을 이용한 얼굴 영역 탐지

얼굴 영역 탐지는 초기 얼굴 영역 검출 작업으로 얻어진 영역과 디지털 이미지에서 입력받은 컬러정보로부터 획득한 스킨 칼라 모델과의 매칭작업을 통해서 얼굴 영역을 병합하는 과정을 수행한다.

일반영상에서 사람 피부색만을 검출하는 작업은 다양한 밝기 상태와 피부색에 따라서 검출하기 어렵다. 그러므로 일반적인 RGB 칼라공간에서 표현되는 r, g, b 컴포넌트로 광도를 제거한 Chromatic 칼라 공간에서 2-D가우시안 모델로 나타내어지는 스킨 칼라 모델로 표현한다.[9,10,11,13]

Chromatic 칼라 공간은 다음 수식과 같다.

$$r = R/(R+G+B) \quad (4)$$

$$g = G/(R+G+B) \quad (5)$$

Blue는 r+g+b=1이므로 정규화 과정 후에 얻을 수 있다.

본 논문에서는 임의의 사람 200명의 얼굴 이미지 샘플을 이용하여 칼라 값에 대한 가우시안 모델  $N(m, \Sigma^2)$ 을 나타내는 칼라 평균과 분산행렬을 사용한다. 여기서  $m$ 은  $(\vec{r}, \vec{g})$ 를 나타낸다.

수식(6)은 가우시안 PDF를 나타내는 일반적인 수식이며, 수식(7)는 평균값을 나타내는 벡터이며 수식(8)은 분산행렬을 표현한다.

$$f_x(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{(-x-m)^2/2\sigma} \quad (6)$$

$$\vec{r} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N r_i, \quad \vec{g} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N g_i \quad (7)$$

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \sigma_{rr} & \sigma_{rg} \\ \sigma_{gr} & \sigma_{gg} \end{bmatrix} \quad (8)$$

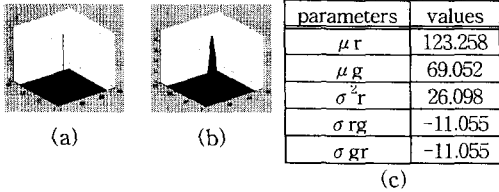


그림5. 얼굴칼라 분포 및 가우시안 결과값

실험영상의 사람얼굴을 모델로 한 평균적인 칼라 값을 추출하여 얼굴 피부를 추출한다.

그림5(a) 얼굴의 칼라 분포도, 그림(b) 가우시안분포 속의 얼굴 칼라의 크기, (c)는 분산행렬 값을 나타낸다.

샘플 영상을 이용해서 획득한 얼굴 칼라 값을 이용하여 위터셰드 변환으로 분할된 영역과의 매칭작업을 통하여 얼굴 영역을 합병하고 합병된 영역을 통합하는 최소의 사각형 박스를 쳐서 칼만 필터의 초기 입력상태벡터 값으로 사용한다.

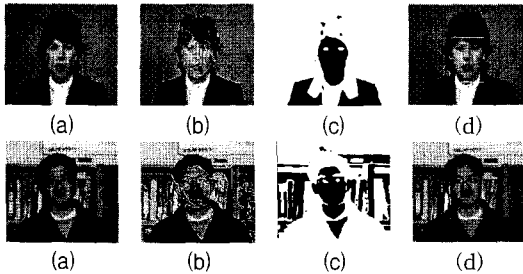


그림6. 단일한 배경,복잡한 배경 영상에서의 얼굴 영역 검출 처리과정

그림6(a)는 초기 입력영상(RGB), (b)는 위터셰드 변환을 통한 영역분할 영상, (c)는 칼라모델을 이용해서 추출한 칼라 값에 대한 이진영상, (d)는 (b)영상에서 분할한 영역과 칼라모델의 매칭작업을 거친 동일 칼라 값을 가지는 영역들의 병합작업을 거친 영상이다.

#### 4. 칼만 필터를 이용한 얼굴추적

칼만 필터는 잡음에 의해서 간섭받는 선형동적시스템에서 상태 벡터  $x_k$ 의 최적의 추정치  $\hat{x}_k$ 를 구하

여 칼만 필터가 관찰한 상태와 예측한 상태의 차이가 줄어들도록 시스템의 상태를 변화시키는 반복적인 방법이다.

칼만 필터를 이용한 동작은 새로운 상태와 불확실성을 예측하고 새로운 측정값을 가지고 수정하는 동작이 반복되어 수행된다. 그리고 칼만 필터는 컴퓨터를 이용하여 쉽게 구현할 수 있는 일반화된 회귀 알고리즘을 제공한다. 일반적으로 칼만 필터는 수식(9),(10)에 나타나는 것과 같이 시스템 상태를 나타내는 상태모델과 측정모델로 나타낸다.[12]

본 논문에서는 초기에 획득한 얼굴 영역을 공통으로 포함되는 영역으로 일정크기의 사각형 오브젝트 윈도우를 상태벡터로 정의하였다.

$$\text{상태 벡터 } x_k = \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{bmatrix} \quad (9)$$

a, b, c, d 는 오브젝트 윈도우를 구성하는 요소이다. (x, y, width, height)

$$\text{측정 벡터 } z_k = \begin{bmatrix} a_i \\ b_i \\ c_i \\ d_i \end{bmatrix} \quad (10)$$

#### ① 예측과정

예측과정은 Time update라고도 하는데 이 과정은 i-1번째 프레임을 초기 추정치로 입력받아서 priori 값을 얻는 과정이다.

이 과정에서 획득한 priori 값을 수정과정으로 넘어가서 실제 측정값을 이용한 최적의 추정 상태벡터  $\hat{x}_k$ 과 에러 공분산 값을 갱신한다.

$$\hat{x}_k^- = A \hat{x}_{k-1} + Bu_k \quad (11)$$

$$P_k^- = AP_{k-1}A^T + Q \quad (12)$$

#### ② 수정과정

수정과정은 Measurement update라고 하는데 예측과정에서 입력받은 priori 값을 이용하여 posteriori 값을 구하고 실제 측정값과의 오차를 줄이기 위해 추정치 들을 갱신하는 과정이다.

$$K_k = P_k^- H^T (HP_k^- H^T + R)^{-1} \quad (13)$$

$$\hat{x}_k = \hat{x}_k^- + K_k(z_k - H \hat{x}_k^-) \quad (14)$$

$$P_k = (I - K_k H) P_k^- \quad (15)$$

#### 5. 실험결과

본 논문에서 제안한 방법을 검증하기 위하여 P-IV 1.7G의 시스템에서 Visual C++6.0사용하여 실험하였다. 실험에 사용된 영상은 카메라로부터 초당 30 프레임으로 입력받은 단순한 배경을 가진 Claire 영상과 연구실에서 촬영한 복잡한 배경 영상을 가지고 실험하였다. 그림7은 실험을 위해 제작한 카메라 시스템의 프로토타입이다.

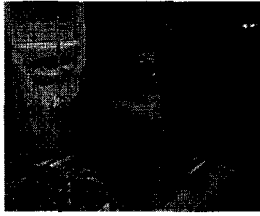


그림7. 카메라 프로토타입

그림8의 (a)~(f)는 얼굴 영역 검출과정을 통해 획득한 초기 입력 값으로 칼만 필터를 이용하여 연속 프레임 사이의 얼굴 움직임을 추적한 결과영상이다. 또한 얼굴 이동정보를 좀 더 뚜렷이 구별하기 위하여 5프레임 단위로 실험을 하였다.

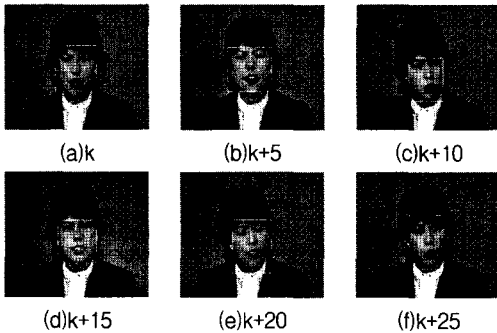


그림8. 단일한 배경 영상에서의 얼굴 영역 추적 과정

그림9(a)~(f)는 복잡한 배경 영상에서의 얼굴 영역 추적과정을 나타낸다.

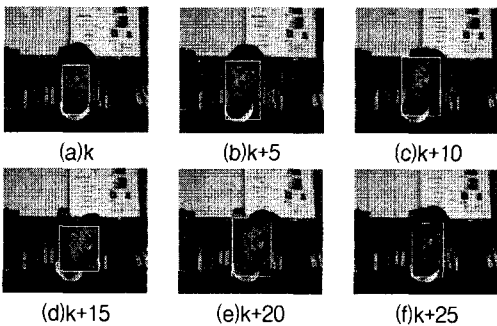


그림9. 복잡한 배경 영상에서의 얼굴 영역 추적 과정

## 6. 결론

본 논문에서는 칼만 필터를 이용하여 연속영상 속에 있는 얼굴영역을 추적하는 방법을 제안하였다. 또한 워터셰드 변환으로 획득한 초기분할영역과 얼굴칼라모델 매칭으로 보다 정확한 얼굴영역을 찾아 낼 수 있었으며, 칼만 필터를 이용하여 효율적으로 얼굴을 추적할 수 있었다. 제안된 방법은 복잡한 배경을 가진 영상에서도 얼굴 영역의 검출 및 추적이 좋은 결과를 보였다.

본 논문에서 제안한 방법을 통하여 얻어진 실험결과는 생체 인식 분야의 하나인 얼굴인식 분야에도

활용할 수 있으며 향후 과제로는 단일얼굴영역이 아닌 다수얼굴에 대한 영역 검출 및 추적을 연구하고자 한다.

## 참조논문

- [1]L.C.Jain,U.Halici,L.Hayashi,S.b.Lee and S.Tsutsui "Intelligent Biometric Techniques in fingerprint and FaceRecognition,"CRC Press,1999.
- [2]Robert Brunelli and Tomaso Poggio,"Face Recognition : Feature versus Templates,"PAMI,vol .15,No.10,October,pp.1042-1052,1993
- [3]Baback Moghaddam,Wasiuddin Wahid and Alex Pentland,"Probabilistic Visual Learning for Object Detection,"ICCV 1995
- [4]Stan Birchfield"Elliptical Head Tracking Using Intensity Gradients and Color Histogram,"CVPR,1998
- [5]H.A.Rowley and S.Baluja,"Rotation Invariant Neural Network-Based Face Detection" 1998 IEEE Computer Societh Conference on,Page(s):963-963,1998
- [6]S.Haykin,Adaptive Filter Theory,Prentice-Hall,Englewood Cliffs,Nes Jersey,1996
- [7] L.Vincent and P. Soille, "Watersheds in digital spaces: An effieient algorithm based on immersion simulations," IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., vol. 13, pp. 583-598, 1991.
- [8]장원달,윤태수,양황규 "영상재구성을 통한 Watershed변환에 기반한 영상분할" 한국정보처리학회,제9권 제2호 637-640
- [9] Jie Yang and Alex Waibel,"A Real-Time Face Tracker", CMU CS Technical Report. IEEE,1996
- [10] J. Cai & A. Goshtasby & C. Yu, "Detecting Human Faces in Color Images", Wright State University, U. of Illinois
- [11]Y.Gong and M.Sakauchi, "Detection of regions matching specified chromatic features", Computer Vision and Image Understanding, vol. 61, no. 2, 1995, pp 263 - 269
- [12]M.S.Grewal and A.P.Andrew, Kalman Filtering :Theory and Practice.Upper Saddle River,N.J.: Prentice Hall.1993
- [13]G.Wyszecki and W.S Styles. Color Science: Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae, Second Edition, John Wiley & Sons, NY,1982