

논문 2011-48SP-6-10

# 지상파 DMB 단말에서의 3D 콘텐츠 최적 서비스를 위한 경계 정보 기반 실시간 얼굴 수평 위치 추적 방법에 관한 연구

(A Study on Real-time Tracking Method of Horizontal Face Position  
for Optimal 3D T-DMB Content Service)

강 성 구\*, 이 상 섭\*\*, 이 준 호\*, 김 중 규\*

(Seonggoo Kang, Sangseop Lee, Juneho Yi, and Jungkyu Kim)

## 요 약

모바일 단말과 같은 임베디드 환경은 범용 컴퓨터에 비하여 연산 성능이 현저히 낮다. 따라서 기존 얼굴 및 추적 알고리즘은 모바일 환경에서 적용하기에는 복잡도가 높아 검출 시간이 오래 걸리기 때문에 모바일 단말에서의 실시간 적용에는 적합하지 않다. 모바일 단말에서 실시간 시선 추적은 사용자와 단말 간의 양방향 멀티미디어 서비스를 가능하게 함으로써 단방향 서비스에 비해 고품질의 서비스를 제공할 수 있게 된다. 따라서 모바일 환경에 최적화된 실시간 시선 추적 기법의 개발이 필요하다. 이에 본 논문에서는 지상파 3D DMB 콘텐츠의 품질 향상을 위하여 단말에서 사용자 얼굴의 수평 위치를 실시간으로 추적할 수 있는 기법을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 방법은 에지의 방향성을 이용하여 얼굴의 좌/우 경계 지점을 추정하며 컬러 에지 정보에 의하여 얼굴의 수평 위치 및 크기를 최종적으로 판단한다. 소벨 연산 과정에서의 경사도 벡터를 수직 방향으로 크기 투영한 데이터에서 얼굴의 경계 후보 지점들이 선택되며 정확한 판단을 위하여 평활화 방법 및 탐색 방법을 제안하였다. 일반적인 얼굴 검출 알고리즘은 멀티스케일의 특징 벡터를 사용하기 때문에 모바일 환경에서는 검출 시간이 오래 걸리지만 본 알고리즘은 수평 위치 검출이라는 제약 조건 하에서의 단일 스케일에서의 검출 방법이므로 기존 얼굴 검출 방법에 비하여 빠른 검출이 가능하다.

## Abstract

An embedded mobile device mostly has lower computation power than a general purpose computer because of its relatively lower system specifications. Consequently, conventional face tracking and face detection methods, requiring complex algorithms for higher recognition rates, are unsuitable in a mobile environment aiming for real time detection. On the other hand, by applying a real-time tracking and detecting algorithm, we would be able to provide a two-way interactive multimedia service between an user and a mobile device thus providing a far better quality of service in comparison to a one-way service. Therefore it is necessary to develop a real-time face and eye tracking technique optimized to a mobile environment. For this reason, in this paper, we proposes a method of tracking horizontal face position of a user on a T-DMB device for enhancing the quality of 3D DMB content. The proposed method uses the orientation of edges to estimate the left and right boundary of the face, and by the color edge information, the horizontal position and size of face is determined finally to decide the horizontal face. The sobel gradient vector is projected vertically and candidates of face boundaries are selected, and we proposed a smoothing method and a peak-detection method for the precise decision. Because general face detection algorithms use multi-scale feature vectors, the detection time is too long on a mobile environment. However the proposed algorithm which uses the single-scale detection method can detect the face more faster than conventional face detection methods.

**Keywords :** Face detection; Eye tracking; Sobel edge; 3D T-DMB

\* 정회원, 성균관대학교 정보통신공학부

(School of Information & Communication Engineering, Sungkyunkwan University)

\*\* 정회원, 삼성테크윈 (Samsung Techwin)

접수일자: 2011년1월31일, 수정완료일: 2011년9월16일

## I. 서 론

최근 개인형 모바일 단말의 대중화와 비약적인 발전으로 인하여 모바일 단말에서 문자나 음성 통신 뿐만 아니라 다양한 종류의 멀티미디어 서비스가 가능하게 되었다. 뿐만 아니라 스마트폰이 대중화되고 보다 다양한 형태의 개인형 모바일 기기의 개발이 이루어지고 있으며 다양한 형태의 애플리케이션이 개발되어 사용되고 있다.

하지만 이런 비약적인 발전에도 불구하고 모바일 기기의 제한된 하드웨어 리소스 문제로 모바일 단말에서 제공 받을 수 있는 콘텐츠나 서비스에는 범용 컴퓨터에 비하면 많은 제약이 따른다. 특히 HCI(Human-Computer Interaction)와 같은 서비스는 기기에서 사용자에게 서비스를 제공하는 작업과 사용자로부터 정보를 얻는 작업을 동시에 수행해야 하기 때문에 리소스 문제가 더욱 중요시 될 수 있다.

최근에는 3차원 영상 관련 기술이 발전하면서 모바일 환경에서의 무안경식 3차원 지상파 DMB 서비스가 차세대 서비스로 주목 받고 있으며 기존의 방송 서비스에서는 없었던 입체감을 제공할 수 있다는 장점으로 인해 관련 연구가 활발히 진행되고 있다. 하지만 현재 연구되고 있는 3D DMB 서비스의 디스플레이 시스템에서는 사용자의 시선에 따라 입체감의 왜곡이 발생하며 이러한 왜곡 문제를 해결하기 위하여 사용자의 시청 위치나 각도에 따른 디스플레이 모드의 변경이 필요하다. 모바일 단말에서의 사용자의 실시간 시선 추적을 위해서는 복잡도가 낮은 얼굴 및 눈 검출 알고리즘이 필요하지만 기존 알고리즘들은 모바일 단말에 적용하기에는 복잡도가 높으며 검출 시간이 오래 걸리는 문제점이 있다. 이에 본 논문에서는 모바일 단말에서 실시간으로 시선을 추적하기 위하여 사용자의 수평 얼굴 위치 추적하는 알고리즘을 제안한다.

## II. 관련 연구

### 1. 깊이 영상 기반 렌더링(DIBR)

DIBR 기법은 2차원 레퍼런스 영상과 깊이 영상을 이용하여 임의의 시점에서 바라보았을 때의 가상 영상을 생성하는 기법이다<sup>[1]</sup>. 이 기법을 이용하여 3차원 영상을 생성하기 위하여 좌/우 시점의 가상 영상을 생성한 후 이 두 영상을 side-by-side 방식으로 하나의 영상으로

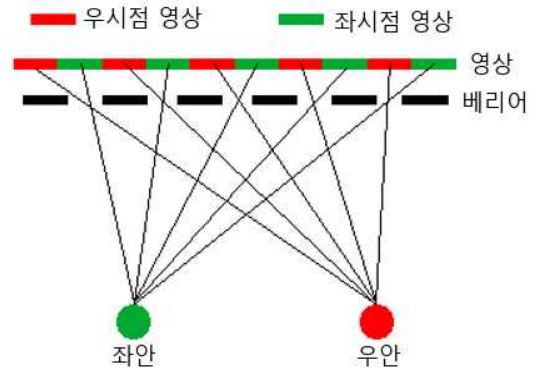


그림 1. 패럴렉스 베리어 디스플레이 구조  
Fig. 1. Structure of parallax barrier display.

병합하여 가상의 3차원 입체 영상을 생성한다.

3차원 DMB 지원 단말의 디스플레이는 패럴렉스 베리어 방식을 사용한다. 패럴렉스 베리어 방식은 가느다란 슬릿이 있는 베리어 뒤에 적당한 간격을 두고 좌/우 시점 영상의 수직 라인 영상을 교대로 배치하여 특정한 시점에서 이 슬릿을 통하여 시청할 때 양쪽 영상을 분리해서 볼 수 있는 방식이다<sup>[2]</sup>.

이 방식의 단점은 특정 시청 각도에서 좌시점과 우시점의 영상이 혼합되어 들어와 겹쳐 보이는 크로스토크(crosstalk) 현상이 발생한다는 것이다. 이런 문제점을 보완하기 위하여 사용자의 위치나 시선을 추적하여 베리어를 이동시키는 방식의 디스플레이가 사용될 수 있다. 이를 위하여 3차원 영상의 합성 과정 및 음성/영상 재생과 동시에 실시간 얼굴 검출이 가능해야 하므로 기존 얼굴 검출 기법에 비해 연산량이 적은 검출 기법이 필요하다.

### 2. 얼굴 검출 알고리즘

얼굴 검출은 임의의 영상으로부터 얼굴이 존재하는지의 여부를 판단한 후 얼굴이 존재한다면 얼굴의 정확한 위치와 영역을 찾는 과정이다. 영상으로부터 얼굴을 검출하는 기법들은 Yang에 의해 제안된 분류방식에 따라 지식 기반 방법, 불변 특징 접근 방법, 템플릿 매칭 방법, 외형 기반 방법의 네 가지로 분류된다<sup>[3]</sup>.

대표적인 얼굴 검출 알고리즘으로 AdaBoost 기반 알고리즘이 있으며 검출 정확도와 연산 속도 두 가지 측면에서 우수하기 때문에 많이 사용되는 알고리즘이다. AdaBoost는 Adaptive Boosting의 약어로 약한 분류기를 선형적으로 결합하여 최종적으로 높은 검출 성능을 갖는 강한 분류기를 생성하는 과정을 적응적으로 수행

하는 알고리즘이다<sup>[4]</sup>. 기존의 다른 기법들이 복잡한 마스크 형태의 분류기를 가지는 것과 달리 AdaBoost의 분류기는 간단한 마스크들의 조합으로 형성되었기 때문에 실시간 검출에 있어서 뛰어난 성능을 보이지만 본 연구의 환경에서는 더 낮은 복잡도의 검출 기법이 요구된다.

## II. 경계 정보 기반 얼굴 수평 위치 검출

본 논문에서 제안하는 얼굴 검출 기법은 3차원 지상파 DMB 서비스에 적용하기 위한 기법이며 DMB 서비스와 동시에 실시간으로 사용자의 얼굴 수평 위치를 추적하여 수평적 시청 각도를 추정하기 위한 것이 목적이다. 따라서 검출 속도가 매우 중요하므로 기존의 일반적인 얼굴 검출 알고리즘에 비하여 비교적 간단한 영상 처리 기법을 이용한다.

전체적인 검출 과정의 흐름도는 그림 2와 같다. 크게 두 가지 과정으로 구분되며 첫 번째 과정으로 에지의 각도 정보를 이용하여 얼굴이 포함된 영상에서 세로 경계가 강한 가로축 지점을 찾아 영상을 세로로 분할하며, 두 번째 과정으로 분할된 영역들 중 얼굴이 포함된 서브 영역을 선택하여 얼굴 위치 정보를 얻는다.

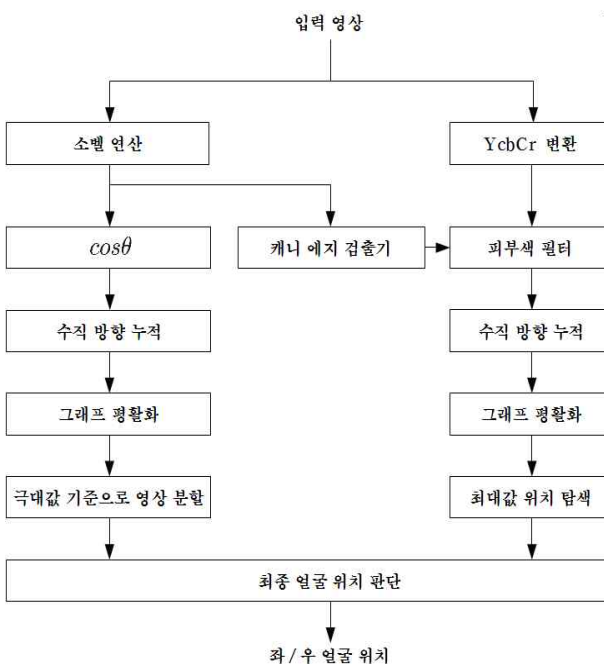


그림 2. 얼굴 수평 위치 추적 알고리즘 흐름도  
Fig. 2. Flow diagram of tracking algorithm of horizontal face position.

### 1. 세로 경계 정보를 이용한 영상 분할 기법

#### 가. 소벨 연산을 이용한 경계 정보 추출

얼굴의 수평 위치 및 가로 크기에 대한 정보를 얻기 위한 첫 단계로 소벨 연산을 수행한다. 소벨 연산자는 영상의 픽셀값의 미분값을 이용하여 에지를 검출하는 연산자이다. 각 픽셀에서의 수직 방향과 수평 방향 미분 결과값을 계산하여 해당 픽셀에서의 경사도 (gradient) 벡터를 구한다. 이 경사도 벡터를 이용하여 에지의 크기 및 방향을 구할 수 있다.

$$G_x(x, y) = \begin{bmatrix} -1 & 0 & +1 \\ -2 & 0 & +2 \\ -1 & 0 & +1 \end{bmatrix} * I(x, y) \tag{1}$$

$$G_y(x, y) = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ +1 & +2 & +1 \end{bmatrix} * I(x, y)$$

where I(x,y) is input image.

$$\text{Gradient's magnitude : } G_x = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \tag{2}$$

$$\text{Gradient's direction : } \theta = \tan^{-1} \left( \frac{G_y}{G_x} \right) \tag{3}$$

소벨 연산자의 마스크는 3×3 마스크이며, 마스크와 소벨 연산자를 컨볼루션한 결과 (G<sub>x</sub>, G<sub>y</sub>)가 경사도 벡터이다. 이 경사도 벡터의 크기와 방향은 식 (2), (3)을 이용하여 구할 수 있다.

얼굴의 좌/우 경계 지점을 탐색하기 위하여 소벨 연산을 통해 계산한 각 픽셀의 각도를 이용한다. 영상에서 얼굴의 좌/우 경계 지점에서는 가로 방향의 에지 성분보다 세로 방향의 에지 성분이 강하게 나타나는 특징을 이용한 것이며, 얼굴이 영상에서 차지하는 영역의 비율이 크다면 세로 방향 에지 성분의 값이 얼굴이 아닌 다른 영역에 비해 크게 나타난다.

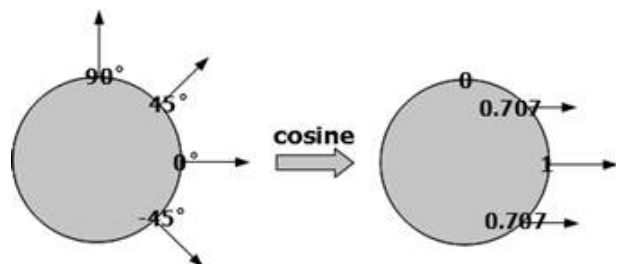


그림 3. 경사도 각도 변환  
Fig. 3. Conversion of gradient's direction.



그림 4. 세로 방향 에지  
Fig. 4. Vertical edge.

각 픽셀에서의 경사도 벡터의 방향  $\theta$ 는 법선 벡터의 각도를 나타낸다. 따라서 가로 방향 에지(법선 벡터가  $90^\circ$ )의 경우  $\theta=90^\circ$ 이며, 세로 방향 에지(법선 벡터가  $0^\circ$ )의 경우  $\theta=0^\circ$ 이다. 그리고  $\theta$ 값의 범위는  $-180^\circ \sim 180^\circ$ 로 양의 값과 음의 값을 모두 갖는다.

경사도 벡터의 방향  $\theta$ 를 그림 3와 같이 코사인 함수를 이용하여 변환한다. 변환된  $\theta_v(x,y)$ 의 중요한 두 가지 특징은 다음과 같다.

- 세로 방향의 에지(에지의 법선 벡터의 방향이 가로 방향) 영역의 픽셀에서의 값이 가로 방향 에지 영역에서의 픽셀에 비해 큰 값을 갖는다.
- 모든 각도값이 양의 값으로 변환이 되므로 누적하였을 경우 서로 상쇄되지 않는다.

$$\theta_v(x, y) = \cos(\theta(x, y)) = \cos\left(\tan^{-1}\left(\frac{G_y(x, y)}{G_x(x, y)}\right)\right) \quad (4)$$

그림 4의 우측 영상은 입력 영상에서 에지의 경사도 각도를 코사인 함수로 변환한 값(0.0~1.0)을 스케일링하여 8비트 영상 형태로 표현한 영상이다.

나. 세로 경계에 의한 영상 분할

세로 경계가 강하게 나타나는 세로선들을 경계로 하여 영상을 분할한다. 분할된 영상 중 하나가 최종적으로 얼굴 영역으로 결정된다. 경계 지점을 찾기 위하여 각도를 세로 방향으로 누적한 값이 주변에 비하여 상대적으로 큰 지점을 찾는다.

(1) 경계값의 세로 방향 누적

앞서 설명한 1번 과정을 거쳐 변환된 세로 방향 각도 값  $\theta_v(x,y)$  값을 세로 방향으로 누적하여 영상의 가로 크기와 동일한 1차원 배열 데이터를 생성한다. 이렇게 누적된  $\theta_{proj}$ 는 세로 에지 성분이 많은 지점에서 큰 값을 갖는다.

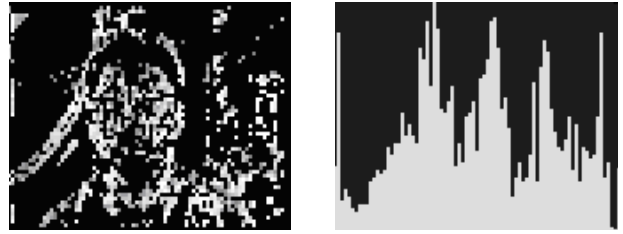


그림 5. 세로 방향 경계 크기 투영 ( $\theta_{proj}$ )  
Fig. 5. Amplitude projection of vertical edges.

$$\theta_{proj}(x) = \sum_{i=0}^{N-1} \theta_v(x, i) \quad (5)$$

그림 5의 좌측 영상은 그림 4의 우측 영상과 동일한 영상이며 우측 영상은 누적된 세로 방향 경계 ( $\theta_{proj}$ )로서 상단 영상의 값들을 세로 방향으로 누적시킨 데이터(가로 방향 1차원 배열)의 그래프이다. 그래프에서 가로 축은 영상의 가로축과 동일하며 세로축은 세로 에지 성분의 양을 나타내는 상대적인 값이다. 그림 5에서 그래프가 가장 높게 나온 부분은 얼굴의 양 경계 영역이며, 배경에 존재하는 물체 주위에서도 다른 부분에 비해 높은 값을 가지는 지점이 존재한다.

(2) 크기 투영된 세로 경계 그래프의 평활화

그래프에서 극대값의 위치가 영상을 분할하기 위한 기준점이 된다. 그림 5의 우측 그래프에서 보는 바와

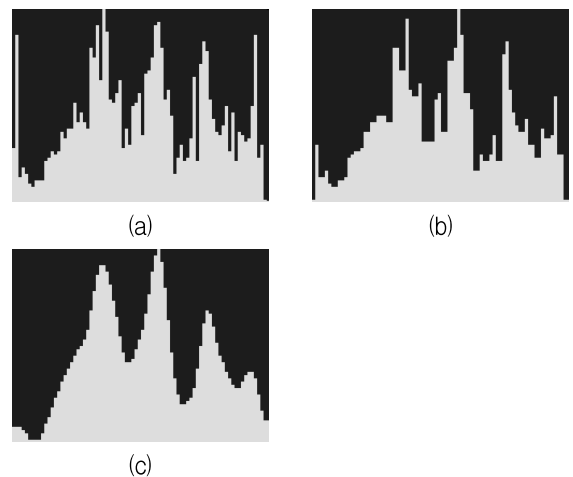


그림 6. 세로 경계 누적 그래프 평활화:  
(a) 원본, (b) 중앙값 필터 적용,  
(c) 평균값 필터 적용  
Fig. 6. Smoothing amplitude projection of vertical edges: (a) original (b) smoothing result by media filter (c) smoothing result by averaging filter.

같이  $\theta_{proj}$  의 값들은 변화가 크기 때문에 극대값을 결정하는 기준을 설정하기가 어렵다. 따라서 극대값 위치 탐색을 용이하게 하기 위하여 그래프를 평활화한다. 그래프에 특정 위치에서의 값이 매우 높거나 낮은 점잡음 (salt-and-pepper noise)과 유사한 형태의 변화가 있기 때문에 중앙값 필터를 적용하여 이를 제거한 후 평균값 필터를 적용한다.

그림 6은 세로 경계 누적 그래프에 중앙값 필터를 적용한 그래프와 중앙값 필터 적용 후 평균값 필터를 적용한 그래프이다.

평활화 시 마스크의 크기 설정을 너무 크게 하면 두 개의 극대값이 하나로 병합이 될 수 있으며, 너무 작게 하면 극대값의 수가 너무 많아 정확한 위치를 찾기가 어렵다. 다양한 영상에서 실험을 수행한 결과 마스크의 크기를 영상의 가로 크기의 1/16 정도로 설정하였을 때 가장 높은 검출률을 얻을 수 있었다.

(3) 영상의 영역 분할

영역을 분할하기 위한 경계점을 찾기 위하여 그래프에서 극대값을 찾는다. 일반적으로는 1차 및 2차 미분을 이용하여 극대값을 쉽게 찾을 수 있다.  $\theta_{proj}$  의 그래프의 국지적 변화가 적은 경우에는 미분을 통해 찾을 수 있지만 그림 6, 7과 같이 변화가 심한 경우에는 미분을 통해 극대값을 찾을 경우 그 수가 너무 많아 원하지 않는 결과가 나오기 때문에 다음과 같은 방법으로 극대값을 찾는다.

- 특정 임계값을 기준으로 임계값보다 큰 범위에서의 local maximum 값들의 위치를 구한다.

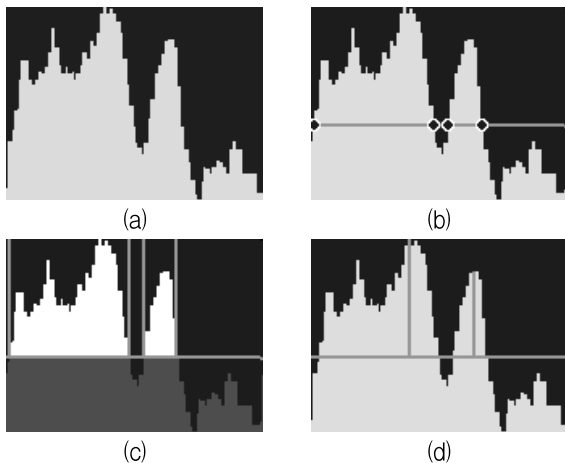


그림 7. 영역 분할을 위한 경계 지점 탐색 방법  
Fig. 7. Method of detecting edge point for region division.

- 임계값 기준으로 가로선과 만나는 지점을 찾은 후 [그림 7. (b)], 그 지점에서 기울기가 양수인 위치와 다음으로 나오는 기울기가 음수인 위치를 탐색한 후 [그림 7. (c)] 두 지점 사이에서의 최대값을 구한다. [그림 7. (d)]
- 임계값은 10%, 20%, ..., 80%, 90% 의 9가지로 설정하며 9가지 경우에 대하여 탐색된 모든 x 좌표의 합집합을 분할 경계 지점으로 설정한다.

2. 얼굴 수평 위치 판단 방법

영상을 세로 방향 경계 정보에 의해 분할한 후 분할된 영역 중 얼굴을 포함하고 있는 영역을 선택하여 얼

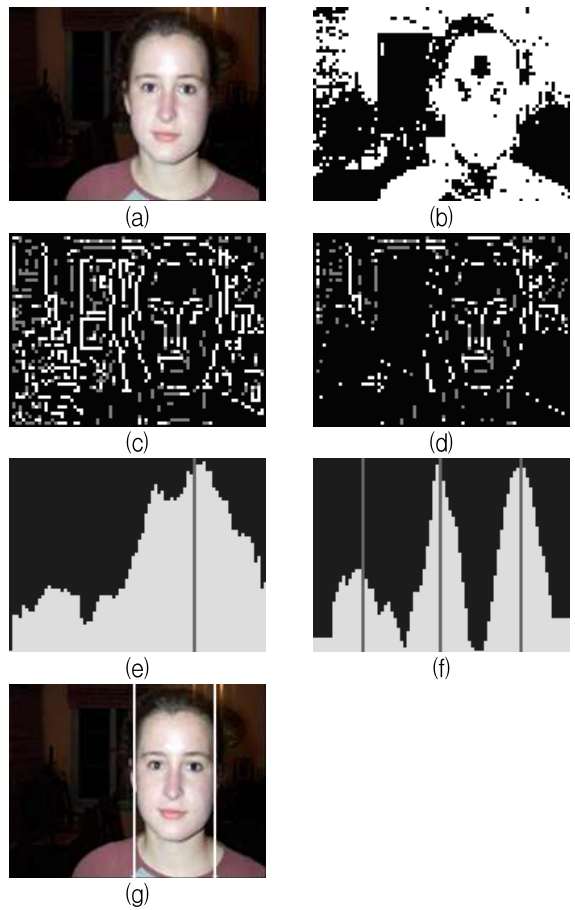


그림 8. 에지 및 피부색 정보를 이용한 검출 과정: (a) 원본 영상, (b) 피부색 필터, (c) 캐니 에지맵, (d) 피부색 필터 통과 후의 에지맵, (e) 에지맵 (d)의 크기 투영 결과, (f) 분할된 영역, (g) 검출 결과  
Fig. 8. The detection process using edge and face color information: (a) original image, (b) face color filter, (c) canny edge map, (d) edge map filtered by face color filter, (e) amplitude projection of edge map (d), (f) divided regions, (g) detection result.



굴의 최종 좌/우 위치를 판단하는 방법을 제안한다. 이를 위하여 캐니 에지맵<sup>[6]</sup>과 피부색 정보<sup>[7]</sup>를 이용한다.

일반적인 상황에서 단말기의 카메라로 사용자의 얼굴을 촬영한 영상에서는 에지 성분이 많이 나타나는 특징이 있다. 이런 특징과 피부색 필터를 조합하여 피부색 영역에 해당하는 에지 성분이 많은 영역을 최종 얼굴 영역으로 판단한다.

먼저 캐니 에지 검출기를 이용하여 에지맵을 생성한다. 그리고 입력 영상을 YCbCr 컬러 공간으로 변환한 영상에서 피부색 필터를 생성한다. 에지맵을 피부색 필터에 통과시켜 에지맵에서 피부색이 아닌 영역의 성분을 모두 제거한다. 피부색 필터링된 에지맵을 세로로 누적한다. 이 누적된 데이터를 평활화한 후 최대값의 위치를 탐색한다. 마지막으로 최대값의 위치가 분할 영역들 중 어느 영역에 속하는지 확인하여 최종 얼굴의 좌/우 위치를 결정한다. 그림 8의 (a)~(e) 과정은 피부색과 에지를 이용하여 얼굴일 가능성이 높은 위치를 찾는 과정이며 (f)는 분할 영역을 나타내며 (g)는 최종 검출 결과이다.

### III. 실험

본 장에서는 제안된 검출 방법의 실험 결과를 평가한다. 알고리즘 구현에 사용된 언어는 C/C++이며 Visual C++ 6.0/MFC를 사용하였다. 입력 영상으로는 실시간으로 획득한 영상 시퀀스, CMU database<sup>[10]</sup> 및 Caltech Faces 1999<sup>[11]</sup> 데이터베이스를 사용하였다. 실시간 영상 시퀀스는 검출 시간 측정에 사용하였으며 두 가지의 영상 데이터베이스는 검출률 측정을 위하여 사용하였다.

표 1은 검출률 측정 결과를 나타낸다. 검출률 측정에

표 1. 검출률 측정 결과  
Table 1. Detection rate.

Database	Detection rate
CMU Database	97.4%
Caltech Faces 1999	88.8%

표 2. 프레임당 검출 시간 측정 결과  
Table 2. Detection time per frame.

Environment	Detection time
Desktop PC (2.4GHz)	2.14 ms/frame
UMPC (1.33GHz)	4.52 ms/frame

사용한 두 가지 데이터베이스는 단일 인물의 정면 얼굴이 포함된 컬러 영상들로 구성되어 있어 본 논문에서 제안한 방법에 대해 검출률을 측정하기에 적합하다. 최종적으로 판단된 좌/우측 경계 지점이 얼굴의 실제 경계 지점과 눈의 바깥쪽 끝 부분 사이에 위치할 경우 검출 성공으로 판단하였다. 검출률은 CMU database의 경우 97.4%로 비교적 높게 나왔으며, Caltech Faces 1999의 경우는 88.8%의 검출률을 보였다.

표 2는 검출 시간 측정 결과이다. Intel Core2 Quad 2.4GHz 데스크톱 PC 및 Intel Core Solo CPU 1.33GHz의 UMPC에서의 검출시간 측정을 비교하였다. 웹캠 및 UMPC 내장 카메라로부터 실시간으로 입력 받아 검출하는 데 걸리는 시간을 측정하였다. 프레임당 처리 시간이 PC에서는 평균 2.14ms 이며 UMPC에서는 4.52ms로 측정되었다.



그림 9. 검출 결과 - Caltech Faces 1999  
Fig. 9. Detection result - Caltech Faces 1999.

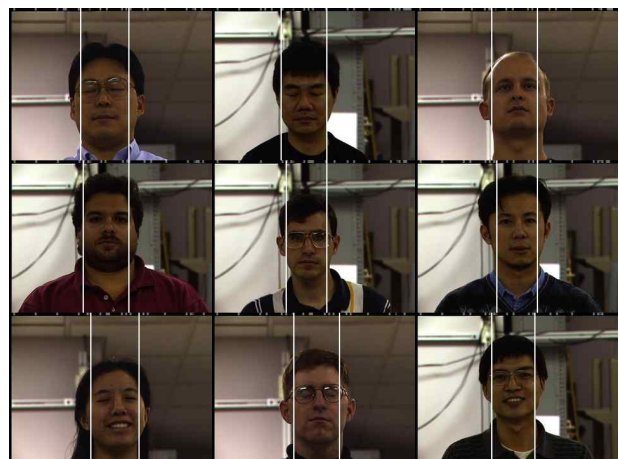


그림 10. 검출 결과 - CMU database  
Fig. 10. Detection result - CMU database.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 3차원 T-DMB 단말에서 실시간 시선 추적을 위한 방법으로 경계 정보 기반 수평 얼굴 위치 검출 기법을 제안하였다. 기존 얼굴 검출 알고리즘에 비해 빠른 속도로 얼굴의 수평 위치를 검출함으로써 모바일 환경에서 실시간으로 얼굴을 검출하여 사용자의 시선을 추적하는 것이 가능함을 알 수 있었다. 본 연구 결과를 토대로 모바일 단말에서 3D 지상파 DMB 등의 멀티미디어 동영상을 시청하고 있는 상황에서 사용자의 시선에 따른 디스플레이의 모드 변경이나 파라미터 조절 등을 통한 양방향 서비스가 가능할 것으로 기대된다.

#### 참 고 문 헌

- [1] Y.K. Park, K. Jung, Y. Oh, S. Lee, J.K. Kim, G. Lee, H. Lee, K. Yun, N. Hur, and J. Kim "Depth-image-based rendering for 3DTV service over T-DMB," *Signal Processing: Image Communication*, Vol. 24, No. 1-2, pp. 122-136, Jan. 2009.
- [2] Neil A. Dogson , "Autostereoscopic 3D Displays," *Computer*, pp. 31-36, Aug. 2005.
- [3] Erik Hjelmas, Boon Kee Low, "Face Detection: A Survey," *Computer Vision and Image Understanding*, Vol. 83, No. 3, pp.236 - 274, Sep. 2001.
- [4] Paul Viola, "Robust Real-Time Face Detection," *International Journal of Computer Vision*, Vol. 57, No. 2, pp.137 - 154, 2004.
- [5] Chengjun Liu, "A Bayesian discriminating features method for face detection," *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on*, Vol. 25, Issue 6, pp. 725-740, Jun. 2003.
- [6] J. Canny, "A computational approach to edge detection," *IEEE Trans. PAMI*, Vol. 8, pp. 679-714, Nov. 1986.
- [7] P. Kakumanu, "A survey of skin-color modeling and detection methods," *Pattern Recognition*, Vol. 40, Issue 3, pp. 1106-1122, Mar. 2007.
- [8] Hai Han, Tsuyoshi, T., Nagata, R., "Eye Detection Based On Grayscale Morphology," *TENCON '02. Proceedings. 2002 IEEE Region 10 Conference on Computers, Communications, Control and Power Engineering* , Vol. 1 , 28-31, Oct. 2002.
- [9] 김성훈, 이현수, "피부색 영역의 분할을 통한 후보 검출과 부분 얼굴 분류기에 기반을 둔 얼굴 검출 시스템," *전자공학회논문지*, 제47권 CI편 제2호,

11-20쪽, 2010년 3월

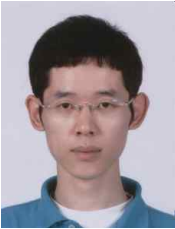
[10] CMU Image Database: face

(<http://vasc.ri.cmu.edu/idb/html/face>)

[11] Caltech Faces 1999 Databse

(<http://www.vision.caltech.edu/html-files/archive.html>)

— 저 자 소 개 —



강 성 구(정회원)  
 2008년 성균관대학교 정보통신  
 공학부 학사 졸업.  
 2010년~현재 성균관대학교 전자  
 전기컴퓨터공학과  
 석사 과정.  
 <주관심분야 : 디지털신호처리,  
 영상신호처리, 패턴인식>



이 준 호(정회원)  
 1985년 서울대학교 전기공학과  
 학사 졸업.  
 1987년 The Pennsylvania State  
 University, Department  
 of Electrical Engineering  
 석사 졸업.  
 1994년 Purdue University, School of Electrical  
 and Computer Engineering 박사 졸업.  
 1995년~1997년 한국과학기술연구원 선임연구원.  
 1997년~현재 성균관대학교 정보통신공학부  
 교수.  
 <주관심분야 : 컴퓨터 비전, 기계학습>



이 상 섭(정회원)  
 2009년 울산대학교 전기전자제어  
 공학과 학사 졸업.  
 2011년 성균관대학교 전자전기  
 컴퓨터공학과 석사 졸업.  
 2011년~현재 삼성테크윈 연구원.

<주관심분야 : 디지털신호처리, 영상신호처리, 패  
 턴인식>



김 중 규(정회원)-교신저자  
 1980년 서울대학교 전자공학과  
 학사 졸업.  
 1982년 서울대학교 전자공학과  
 석사 졸업.  
 1989년 The Univ. of Michigan,  
 Electrical Engineering  
 박사 졸업.  
 1980년~1981년 한국전자통신연구소 위촉연구원.  
 1989년~1990년 University of Michigan,  
 Post Doctoral Fellow.  
 1990년~1991년 삼성전자 선임연구원.  
 1992년~현재 성균관대학교 정보통신공학부  
 교수.  
 <주관심분야 : 통신, 컴퓨터, 신호처리, 반도체>