

# 입체 음향을 위한 개선된 얼굴 방위각 검출

## Improved Detection Method Face Rotation Angle for 3D Sound System

한상일 · 류일현 · 서보국 · 구교식 · 차형태

Sangil Hahn, Ilhyun Ryu, Bokug Seo, Kosik Koo and Hyungtai Cha

승실대학교 정보통신전자공학부

### 요 약

머리전달함수(HRTF)가 정확하더라도 사람의 얼굴이 움직이게 되면 실제 머리전달함수와 미리 측정한 머리전달함수가 달라져 입체음향 시스템의 성능이 저하되므로 정확한 얼굴의 회전각이 요구된다. 따라서 본 논문에서는 정확한 머리전달함수의 입력을 위해 사람 얼굴의 회전각을 추정하고자 한다. 제안하는 알고리즘은 먼저 Haar-like 특징을 이용하여 얼굴을 검출한 후 전처리 작업을 통해 눈의 바깥쪽 경계면과 안쪽 경계면을 검출한다. 그리고 검출된 두 개의 경계면의 비를 이용하여 얼굴의 회전각을 추정한다. 제안하는 알고리즘은 기존에 방법들에 비해 적용 범위가 넓음을 실험을 통해 알 수 있었다.

키워드 : 입체 음향(3D Sound), 얼굴 방위각, 멀티뷰(Multi-view), 크로스토크(Crosstalk), 머리전달함수(HRTF)

### 1. 서 론

입체음향은 청취자가 음원을 들었을 때, 음원으로부터 거리감 및 방향감 그리고 공간감 등을 느낄 수 있는 것을 말하며, 단순한 2채널의 신호에 공간적 느낌을 부가하는 기술을 입체음향 생성기술이라 한다[1, 5, 6]. 입체음향의 구현 방법중에서 2채널 방식을 이용하는 방법은 멀티채널 방식에 비해 비용의 감소 효과 및 설치가 쉽다는 장점이 있으나 크로스토크를 제거하는 것이 어려운 문제이다[2]. 크로스토크를 제거하기 위해서는 얼굴의 위치를 정확하게 추정하는 것이 필수적이다. 따라서 본 논문에서는 2채널 방식에서 입체 음향을 구현하기 위해 얼굴의 방향을 추정하기 위한 알고리즘을 제안한다. 제안하는 알고리즘은 먼저 피부색과 Haar-like 특징을 이용하여 얼굴을 검출하고, 전처리 작업을 통해 두 눈의 위치를 검출하는 알고리즘을 이용하여 얼굴이 향하고 있는 방위각을 검출한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존에 제안되어진 방법들을 살펴본다. 그리고 3장에서는 본 논문에서 제안하는 얼굴 방위각 검출의 방법과 4장에서는 제안한 방법을 실험한 실험결과를, 마지막으로 5장에서 결론을 내린다.

### 2. 기존에 제안된 얼굴 방위각 검출 알고리즘

얼굴 검출은 감시 등의 보안 관련 분야에서 임의의 제약이 없는 자동화 시스템으로 발전하기 위하여 필수적인 조건이다. 그러나 카메라의 성능, 조명, 카메라와 피사체와의 거리 및 각도 등에 의하여 시스템의 성능에 많은 영향을 주게 된다[3, 7]. 특히, 얼굴 방위각 검출은 사용자의 의사를 결정할 수 있는 기본적인 단계이다. 그러나

얼굴 검출의 다양한 연구와는 다르게 얼굴 방위각 검출에 관한 연구는 미비하였다. 또한 기존에 제안되어진 방법들은 배경이 고정되어야 하거나 적외선 카메라를 이용한다거나 하는 시스템적인 제약이 따랐으며 그 내용을 표 1에 도시하였다.

표 1. 기존에 제안된 알고리즘

	특징	적용 범위
[8]	적외선 조명을 이용한 눈 검출	-45°~+45° 15° 간격
[9]	2개의 카메라를 이용하여 스테레오 이미지를 이용	-70°~+70°
[10]	머리 영역과 눈의 위치간의 비로 방위각 추정, 입력 영상에서 80% 이상 얼굴 영역이 존재	0, +24°
[11]	복수의 얼굴 이미지 필요, 최초 입력 영상은 정면영상, 카메라와 피사체의 거리 고정	-
[12]	얼굴의 좌·우 면적을 이용, 입력 영상에서 90% 이상 얼굴 영역이 존재	-90°~+90° 15° 간격
[4]	제한된 배경의 사용으로 배경과의 분리가 쉬움, DB의 개수가 각도별로 1개만 존재	0°~+45° 10° 간격
[2]	눈과 얼굴의 경계면과의 비를 이용하여 방위각 추정, 30% 이상 얼굴 영역이 존재	-40°~+40° 10° 간격
제안방법	눈의 안쪽과 바깥쪽 경계면의 비를 이용하여 방위각 추정, 30% 이상 얼굴 영역이 존재	-30°~+30° 10° 간격

### 3. 제안하는 얼굴 방위각 검출 방법

본 논문에서 제안하는 얼굴 방위각 검출 알고리즘의 전체적인 구조는 그림 1과 같다. 크게 3단계로서 얼굴 검출 단계, 검출되어진 얼굴 영역으로부터 눈의 위치를 결정하는 단계, 그리고 결정되어진 정보들로부터 얼굴 회전각을 추정하는 단계로 구성되어 있다.

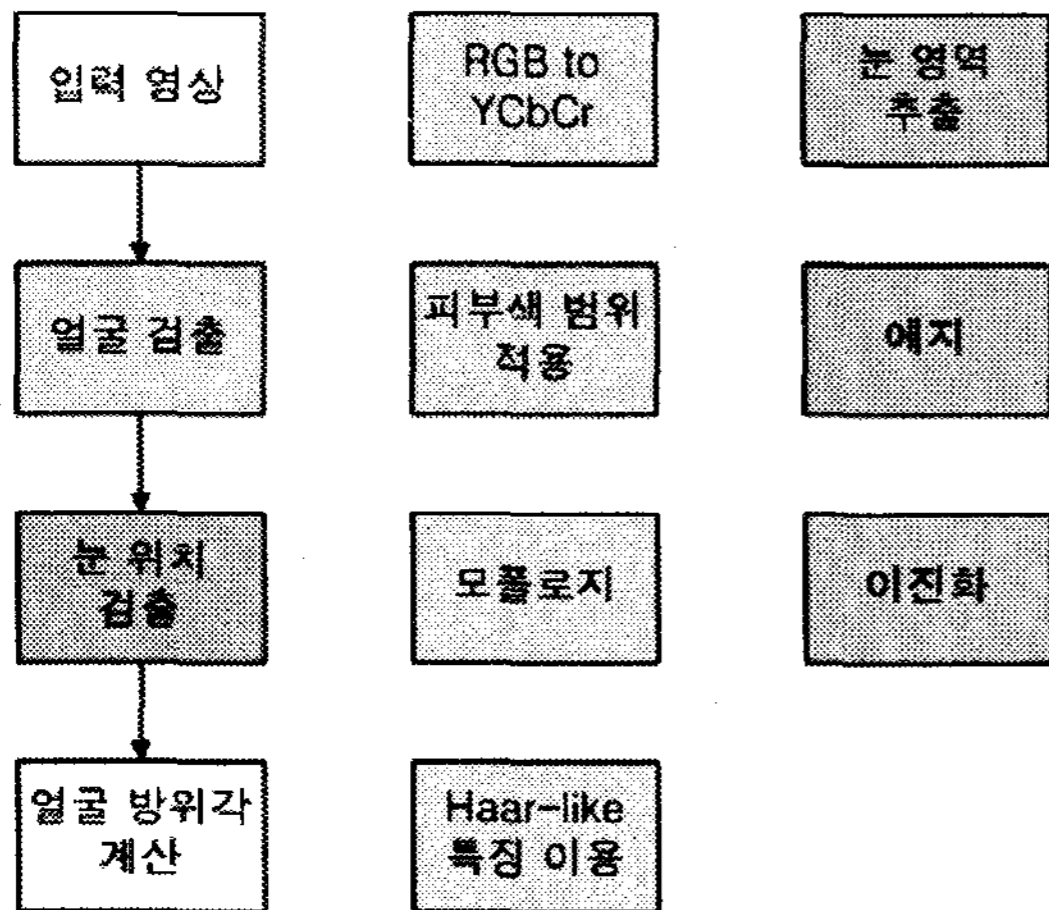


그림 1. 제안하는 얼굴 방위각 검출 알고리즘의 흐름

#### 3.1 얼굴 검출

본 논문에서는 그림 2의 Haar-like 특징과 그림 3의 AdaBoost 학습 알고리즘을 이용하여 얼굴을 검출한다 [13]. 그림 2는 Haar-like 특징의 프로토타입들이다. 입력 영상에 따라서 윈도우를 이동시키면서 특징을 얻은 후 각 영역 안에 있는 픽셀들의 값을 합하여 그 영역에 대한 합을 구하고, 그 값들에 대해서 가중치를 곱한 합을 계산을 한다. 각 타입들로부터 얻어지는 특징의 수는 윈도우 특징에 맞게 위치의 변화 및 영상에 따라서 많은 특징 값을 나타낼 수 있다. 이런 빠른 계산 방법으로 인해 다른 얼굴 검출 알고리즘에 비해 검출 속도 및 정확도가 높다.

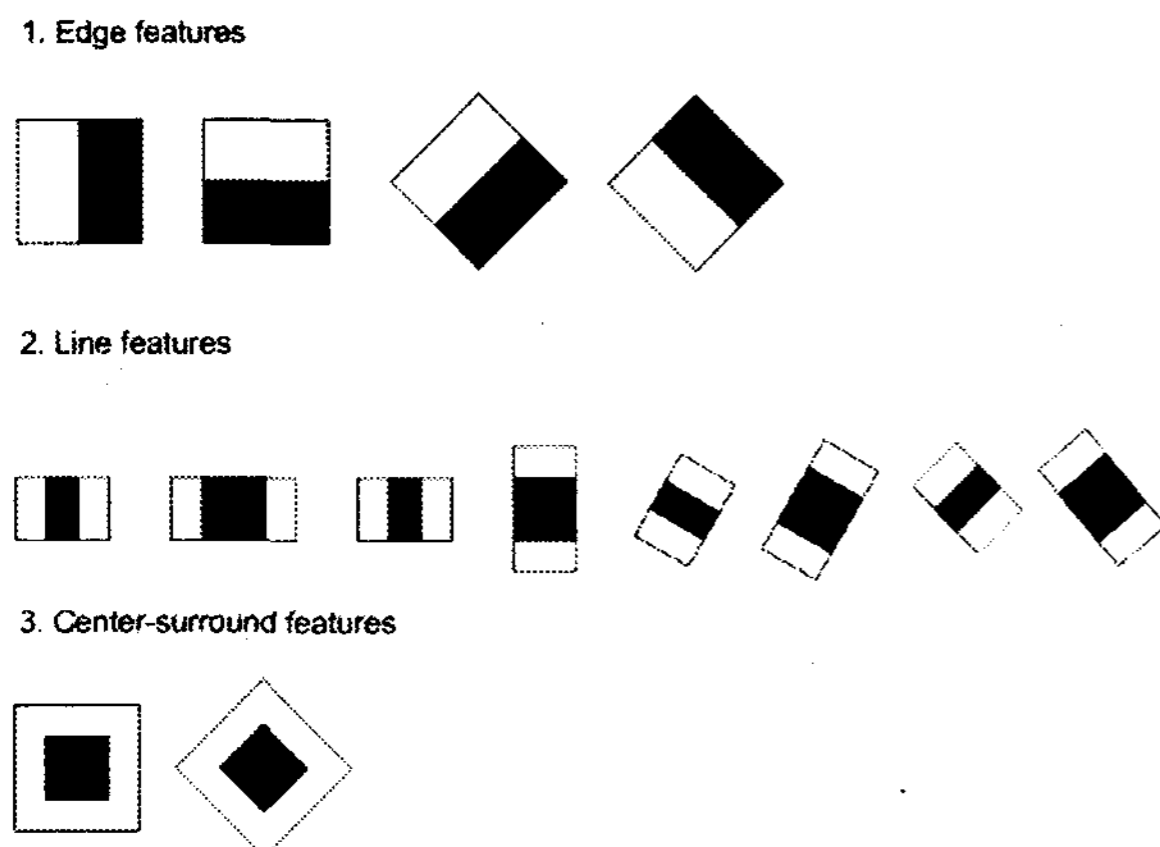


그림 2. Haar-like 특징의 프로토타입

Adaboost 학습 알고리즘은 얼굴 검출 인식률을 높이기 위한 단순하고 효율적인 학습 알고리즘으로서, 그룹

화 하는 단계가 높아질수록 Haar-like 특징의 프로토타입들의 위치가 얼굴에 대해 세밀한 특징까지 나타낼 수 있는 장점을 가지고 있다.

여러 단계를 직렬 형태로 연결하여 결정 트리와 같은 역할을 하게 된다. 각 단계는 얼굴을 찾아내기 위해 학습된 분류기를 포함하고 있으며, 단계를 거듭할수록 전 단계보다 더 많은 특징 값을 만들어 그룹화를 한다. 그러한 분류기의 흐름을 그림 3에 도시하였고, 본 논문에서는 24단계의 분류기를 이용하여 실험하였다.

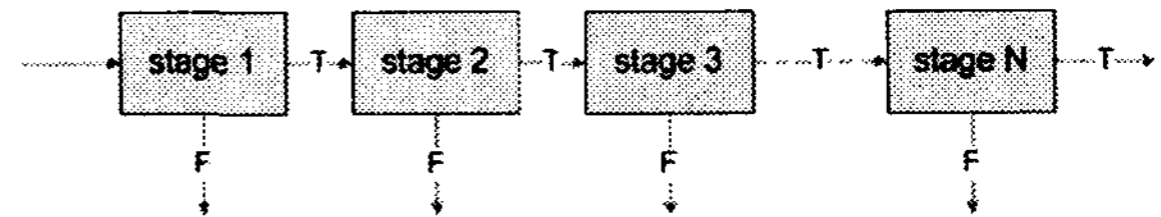


그림 3. N개의 단계를 갖는 분류기

본 논문에서는 Haar-like 특징을 이용한 얼굴 검출에 있어서 불필요한 잡음을 제거하고자 그림 4의 (a)의 입력 영상으로부터 표 2의 피부색 범위를 적용하여 그림 4의 (b)와 같이 배경을 제외한다. 그리고 그림 4의 (b)에 남아있는 작은 잡음들을 제거하기 위해 침식 연산을 적용한다. 마지막으로 미리 학습되어진 얼굴 데이터를 이용하여 그림 4의 (d)와 같이 얼굴을 검출하게 된다.

표 2. 얼굴 색상의 범위

ColorSpace	Range
YCrCb	152 < Cr < 173
	77 < Cb < 127



(a) 입력 영상

(b) 피부색 범위 적용



(c) 잡음 제거

(d) 얼굴 검출

그림 4. Haar-like 특징의 프로토타입

#### 3.2 눈 위치 검출

얼굴 검출이 되었으면 눈의 위치 검출 및 눈의 바깥 경계면과 안쪽 경계면을 검출하여야 한다. 먼저 눈의 위치는 검출된 얼굴 영역에서 상위 1/2 영역만이 눈이 존재함을 예상할 수 있다. 따라서 그림 5의 (a)로부터 상위 1/2 영역을 제외한 나머지 영상은 잘라낸다.

잘라낸 상위 1/2 영역은 그림 5의 (b)와 같으며, 눈의

바깥쪽 그리고 안쪽의 경계면을 찾기 위해서는 널리 사용되는 영상을 이진화 하는 방법을 적용한다. 또한 이진화에 있어서 소벨 연산 등과 같은 에지 연산을 이용하게 되면 그림 5의 (d)와 같이 이진화시에 더욱 뚜렷한 영상을 얻을 수 있다.

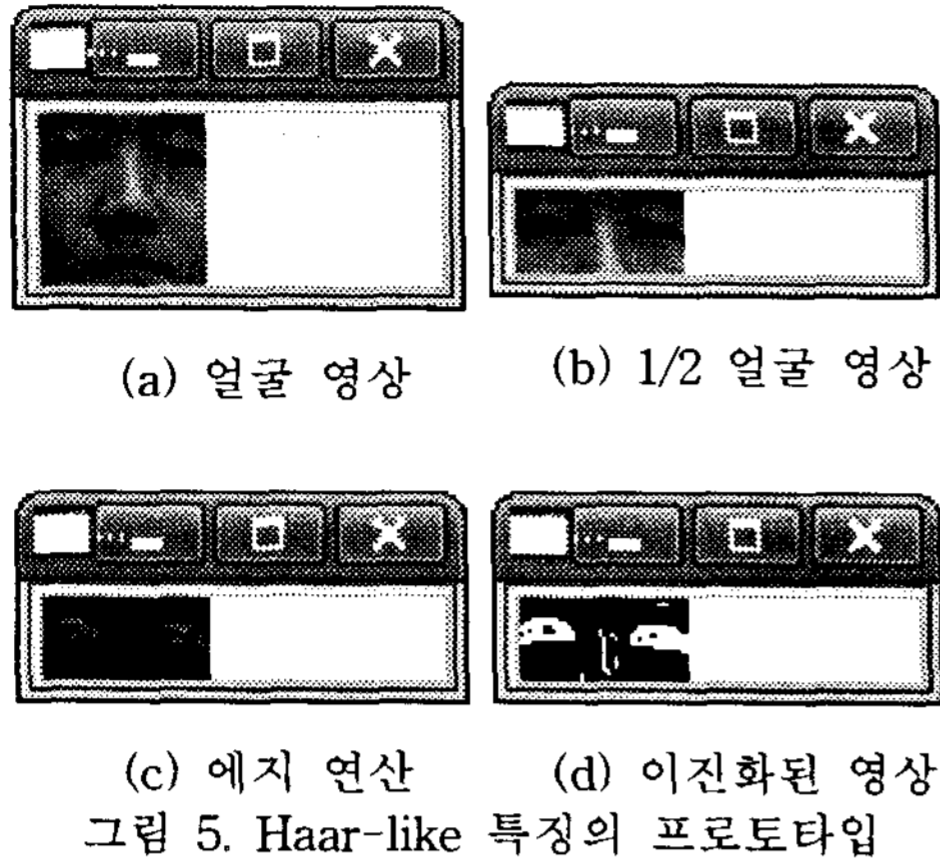


그림 5. Haar-like 특징의 프로토타입

본 논문에서는 얼굴 방위각 검출을 위해 눈의 안쪽과 바깥쪽의 경계면을 가지고 검출한다. 따라서 각각의 경계면들을 검출하기 위해 그림 5의 (d)를 라벨링하여 두 개의 그룹을 추출한다. 그리고 추출된 그룹으로부터 좌, 우 끝을 계산하면 원하는 경계면의 위치가 검출되고, 이 경계면의 비율을 이용하여 얼굴 방위각을 검출하게 된다.

#### 4. 실험 결과

본 실험에서는 근거리에서 촬영된 얼굴 데이터베이스에 대해 제안한 얼굴 방위각 검출 방법을 적용하여, 제안된 얼굴 방위각 검출 알고리즘의 성능을 평가하였다. 입력 영상은 20대의 연령층의 남성과 여성으로 구성되었으며, 안경과 마스크 등의 부가요소는 제외하였다. 근거리 촬영을 전제로 하여 데이터베이스를 구성하였으므로 입력 영상은 모두 얼굴이 존재하며, 얼굴의 영역이 영상의 40%에서 60%에 해당하게 촬영을 하여 기존에 제안된 알고리즘과의 차이를 두었다. 또한 10명을 대상으로 왼쪽 30°에서 오른쪽 30°까지 30° 간격으로 촬영, 총 30장의 영상을 이용하여 실험하였다. 촬영은 일반 CCD 카메라와 USB 카메라를 이용하였으며, 실험은 Intel 3.2GHz processor와 2G RAM을 장착한 일반 데스크 탑 컴퓨터에서 실험하였다.



그림 6. Haar-like 특징의 프로토타입

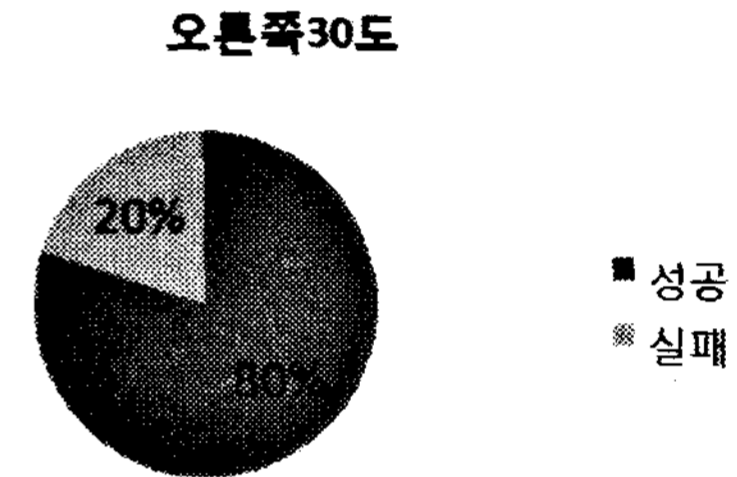
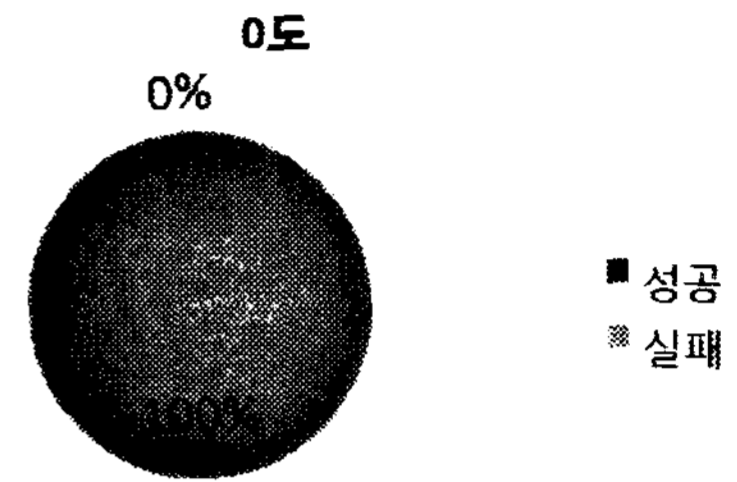
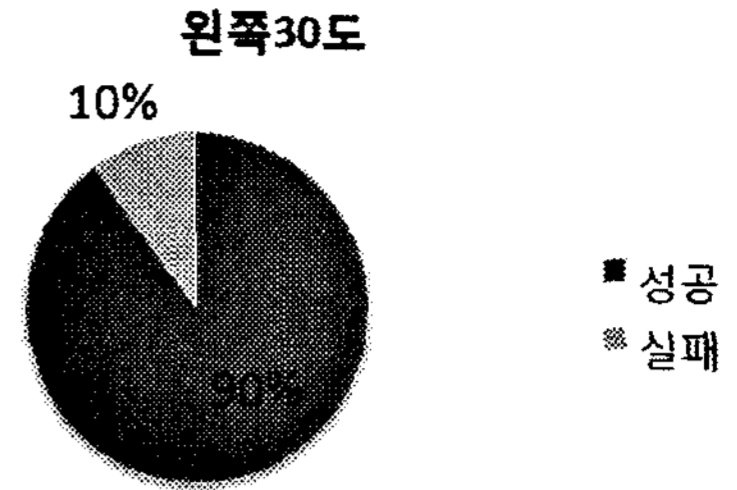


그림 7. 실험 결과

#### 5. 결론

본 논문에서는 크로스토크 제거를 위해 정확한 방위각 검출을 목표로 하며, 기존에 제안된 방법들과는 달리, 얼굴 영역이 80%이하인 영상과 복잡한 배경 아래서 얼굴 방위각 검출 알고리즘을 제안하였으며 실험을 통해 제안된 방법이 우수함을 입증하였다. 제안된 방법은 영상으로부터 얼굴 영역을 검출하기 위해 Haar-like 특징을 이용하였고, 검출된 얼굴 영역으로부터 정보를 얻기 위해 에지 연산 및 이진화 등의 전처리 작업을 하였다. 전처리 작업을 통한 영상으로부터 두 눈의 위치 정보와 안쪽과 바깥쪽 경계면의 위치 정보를 추출한다. 추출되어진 눈의 위치 정보에 대해 위치간의 비를 이용하여 얼굴 방위각 추출을 하였다. 실험은 왼쪽 30°에서 오른쪽 30°까지 30° 간격으로 촬영된 영상을 이용하였으며, 실험 결과 90%, 100%, 80%로서 평균 90%의 성공률을 보임을 알 수 있었다.

제안된 얼굴 방위각 검출 알고리즘은 입체 음향의 응용분야 외에 여러 영상 데이터베이스에서 기존 영상과 동일한 방향을 가진 영상을 찾는 질의를 처리하거나 방향성을 고려한 영상 자동 배치 등, 얼굴의 방향 및 방위각이 필요한 응용 분야에 효율적으로 활용될 수 있을 것이다. 향후 과제로는 ±30°의 범위를 세분화하는 연구와 30°이상에서의 얼굴 방위각 검출과 추가적인 알고리즘의 적용으로 보다 높은 인식률을 보이는 시스템을 구현해야 할 것이다.

## 참 고 문 헌

- [1] Durand R. Begault, "3-D Sound for Virtual Reality and Multimedia", NASA, 2000.
- [2] 한상일, 차형태, "크로스토크 제거를 위한 얼굴 방위 각 검출 기법", 한국퍼지및지능시스템학회 논문지, 제17권 1호, pp. 58-68, 2007.
- [3] J. S. Park, J. Y. Dong, "Detection of Facial Direction using Facial Features", Korean Society for Internet Information, Vol. 4, No. 6, December 2003.
- [4] H. T. Kim, K. E. Lee, J. S. Park, "A Tracking of Head Movement for Stereophonic 3-D Sound", Korea Multimedia Society, pp. 1421-1431, VOL. 8, No. 11, November 2005.
- [5] Yasuto Yasuda, Wai C. Chu, "All-Pole Modeling of Head-Related Transfer Functions: Objective and Subjective Evaluation Result", ICA2004, pp. 3745-3748, Vol. 5, 2004.
- [6] J. B. Melick, V. R. Algazi, R. O. Duda, Thompson, D. M., "Customization for personalized rendering of motion-tracked binaural sound", 117th Convention of the Audio Engineering Society, pp. 6225, October 2004
- [7] M. Yang, D. J. Kriegman, N. Ahuja, "Detecting faces in Images: A Survey", IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, pp. 34-58, VOL. 24, No. 1, January 2002.
- [8] H. S. Park, C. S. Bar, "Real Time 3D Face Pose Discrimination Based on Active IR Illumination", KIMICS, Vol. 8, No. 3, 2004.
- [9] T. H. Kim, J. H. Jang, "A Study on Head Rotation Angle Estimation Using Disparity Information of Stereo Images", Korea Information Processing Society, Vol. 12, No. 1, May 2005.
- [10] S. J. Lee, J. S. Park, K. S. Son, "Head Tracking for Implementing 3-Dimensional Stereo Sound", Korea Multimedia Society, 2003.
- [11] H. Y. Kim, "Qualitative Reasoning of Facial Angles", Soongsil Univ. M. S. Journal, 1998.
- [12] J. S. Park, J. Y. Dong, "Detection of facial Direction using Facial Features", Korea Internet Information Society, Vol. 4, No. 6, December 2003.
- [13] R. Lienhart, J. Maydt, "An Extended Set of Haar-like Features for Rapid Object Detection", IEEE ICIP, pp. 900-903, 2002.