

이동형 패럴랙스 배리어 방식의 모바일 3D 디스플레이를 위한 시역계측기술에 관한 연구

Study on Viewpoint Estimation for Moving Parallax Barrier 3D Display

김기석*, 조재수
(Giseok Kim¹ and Jae-Soo Cho¹)

¹Korea University of Technology and Education

Abstract: In this paper, we present an effective viewpoint estimation algorithm for the Moving parallax barrier method of 3D display mobile device. Moving parallax barrier is designed to overcome the biggest problem, the limited view angle. To accomplish it, the position of the viewer's eyes or face should be estimated with strong stability and no latency. We focus on these requirements in the poor performance of mobile processors. We used a pre-processing algorithm in order to overcome the various illumination changes. And, we combined the conventional Viola-Jones face detection method and Optical-flow algorithm for robust and stable viewpoint estimation. Various computer simulations prove the effectiveness of the proposed method.

Keywords: moving parallax barrier, viewpoint estimation, face detection

1. 서론

모바일 기기의 빠른 보급과 3D 영상에 대한 세계적 관심 증가로 인해 모바일 환경의 3D 디스플레이를 위한 다양한 구현 기술들이 연구되고 있다. 모바일 3D 디스플레이의 가장 큰 이슈는 좁은 시야각으로 이를 해결하기 위한 한 방법으로 현재 그림 1과 같은 이동형 패럴랙스 배리어 방식이 연구되고 있다. 이동형 패럴랙스 배리어 방식은 배리어 이동 기술을 통해 입체를 느낄 수 있는 시청영역을 변환할 수 있는 기술이다. 기존 패럴랙스 배리어 방식의 문제점인 시청자의 이동에 따른 눈의 위치가 바뀔 때 따라 입체감을 느낄 수 없는 문제점을 해결하는 방안으로서 시청자가 이동하는 경우 시선을 추적하는 기술을 이용하여 이동 거리를 감지한 후, 해당 위치에서 입체감을 느낄 수 있도록 배리어를 이동해주는 방식이 이동형 다중 패럴랙스 배리어 방식(moving parallax barrier)이다. 즉 배리어 이동 기술과 시선 추적 기술을 접목하여 시청 영역에 자유로운 무안경식 3D 디스플레이를 구현하고자 하는 것이다[10].

이동 패럴랙스 배리어 방식은 디스플레이 시야각을 자유자재로 움직일 수 있는 기술로서 시청자의 시역만 알 수 있다면 얼마든지 넓은 시야각을 제공할 수 있다. 이 때, 시청자의 시역을 정확하게 계측할 수 있는 시역계측 알고리즘이 필수적이다. 스테레오스코픽 카메라를 이용하면 자유롭게 시청자의 3차원 정보를 획득할 수 있고, 이를 통해

얻어진 시역 정보를 다중 패럴랙스 배리어 방식에 적용하여 시청자의 위치에 적절한 시야각을 제공할 수 있다. 스테레오 비전을 이용한 시청자의 3차원 위치 추정에 있어서 양쪽 영상으로 들어오는 시청자 얼굴에 대한 대응 거리(disparity)를 계산해야 하는데[1], 대응 거리 맵(disparity map)을 먼저 구하는 전통적인 대부분의 거리 추정 방법은 모바일 환경에 적용하기에는 처리 시간이 많이 걸리고, 정확도에 있어서도 아직까지 신뢰할 만한 결과를 내지 못하는 문제점이 있다. 그리고 모바일 환경처럼 매우 다양한 환경(조명의 변화 등)에서 안정적으로 시청자 얼굴에 대한 3차원 위치 추정을 실시간으로 구현하기 위해서는 아직까지 해결해야 할 문제점이 많이 있다.

기존의 얼굴검출 및 추적을 위한 연구로는 비올라-존스 디텍터[2]와 AAM/ASM [3,4] 방법이 널리 알려져 있다. 비올라-존스 얼굴 검출 방법은 사람의 얼굴이 정면을 향하고 있는 환경에서는 빠른 검출속도와 매우 좋은 검출률을 보이지만, 주변 조명의 밝기와 빛의 방향에 영향을 크게 받는

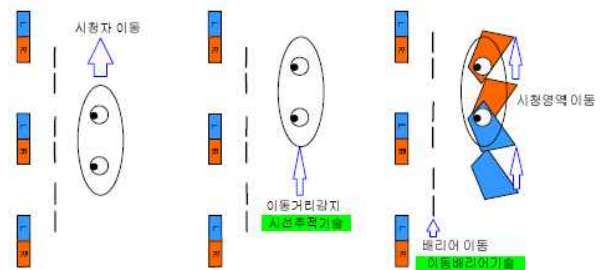


그림 1. 이동형 패럴랙스 배리어 방식의 3D 디스플레이.
Fig. 1. Moving parallax barrier 3D display.

* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수: 2011. 6. 1., 수정: 2011. 12. 7., 채택확정: 2011. 12. 15.

김기석: 한국기술교육대학교 컴퓨터공학부 대학원(ladofa@kut.ac.kr)

조재수: 한국기술교육대학교 컴퓨터공학부(jaesoo27@kut.ac.kr)

※ 본 논문은 한국기술교육대학교 교육연구진흥과제에서 지원하여 연구하였음.

다. 또한 정해진 얼굴 각도에 대해서만 얼굴검출이 가능하기 때문에 자유로운 모바일 시청자의 움직임에 대처할 수 없는 문제점이 있다. 또 연속적인 얼굴 검출 정보를 전혀 사용하지 않기 때문에 안정적으로 얼굴이 검출되지 않고, 얼굴의 중심이 미세하게 흔들리게 된다. 한편 AAM/ASM 알고리즘은 얼굴추적에 대해서 거의 완벽한 결과를 보일 뿐 아니라 얼굴의 세부적인 위치를 정확히 찾아낼 수 있고 분석까지 가능하기 때문에 매우 유용하게 쓰일 수 있지만, 처리 시간에서 큰 단점이 있기 때문에 모바일 환경에 적합하지 않다.

모바일 3D 디스플레이, 특히 이동형 패럴렉스 베리어 방식을 위해서는 빠른 처리 속도 뿐 아니라 다양한 시청각도, 다양한 조명 환경에 대한 적응력이 필수적이다. 또한 시청자의 위치 계측을 위한 정확하고 안정적인 시역검출 결과를 요구한다. 본 연구에서는 기존의 비올라-존스 디텍터를 기반으로 적절한 전처리 및 후처리 과정을 통해 모바일 환경의 시역 계측을 위해 매우 향상된 시역계측 알고리즘을 제안한다. 먼저 II 장에서는 제안하는 3D 모바일용 시역 계측 알고리즘을 자세하게 설명하고, III 장에서는 다양한 환경에서 제안된 알고리즘의 효용성을 테스트하였다. 마지막으로 IV 장에서는 결론 및 추후 과제에 대해 기술한다.

II. 제안하는 3D 모바일용 시역계측 알고리즘

제안하는 3D 모바일용 시역계측 알고리즘의 전체 흐름도는 그림 2에 자세하게 나타내었다.

1. 전처리과정

제안하는 알고리즘은 다양한 모바일 사용자 환경에서 일정한 성능을 보장하기 위해 DC Notch Filter를 전처리 과정으로 사용하였다. 이는 조명에 대한 영향을 제거하면서 특징 공간을 전이시키거나 얼굴 내부의 밝기 특징을 변화시키지 않기 때문에 그대로 비올라-존스 얼굴 검출기에 적용할 수 있다. 구현 방법에는 여러 가지가 있지만[9] 본 논문에서는 빠르게 연산을 수행하고 비올라 존스 검출기에 맞는 밝기 특성을 도출하기 위해 식 (1)과 같이 계산했다.

$$Mid(p) = \frac{p + \alpha}{\frac{\sum q}{N} + \alpha} \cdot r \tag{1}$$

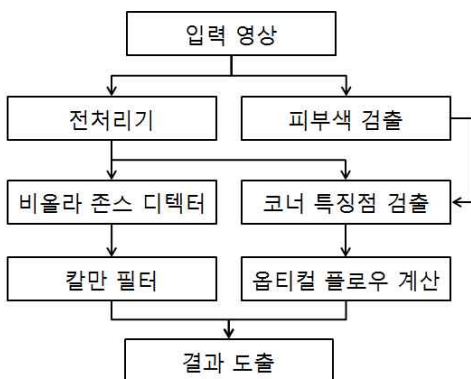


그림 2. 제안하는 시역계측 알고리즘의 전체 흐름도.
Fig. 2. The proposed viewpoint estimation algorithm.

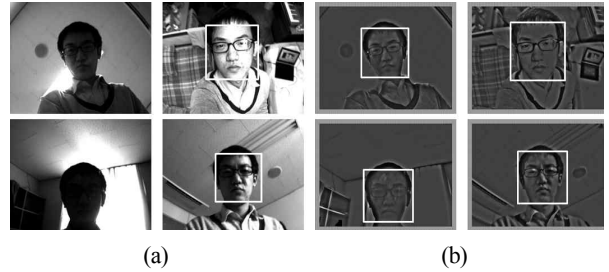


그림 3. (a) 전처리 알고리즘을 사용하지 않은 경우에 대한 얼굴 검출결과 (b) 제안된 전처리과정 후 비올라-존스 얼굴 검출 결과 비교.

Fig. 3. (a) Viola-Johns face detection results without preprocessing, (b) Viola-Johns face detection results with proposed preprocessing.

여기서 p 는 구하고자 하는 목표화소의 밝기, q 는 목표화소를 포함한 주변 윈도우 각각의 화소의 밝기값을 뜻한다. N 은 목표화소를 포함한 주변 화소의 갯수이다. 목표화소의 밝기값을 주변 밝기값의 평균으로 나누는 것을 의미하며 이때 주변밝기와 목표화소의 밝기가 같다면 r 이 된다. 여기서 r 은 필터 적용 후의 표준 밝기값을 뜻하게 된다. α 는 평균 밝기값이 0이 되는 것을 막고 필터가 과도하게 민감해지는 것을 방지한다. 이는 필터 적용 전에 모든 화소에 대해 덧셈 연산을 한 것과 같다. 본 연구에서는 최상의 실험 결과를 위해 8bit 단일 채널 영상에서 α 는 10, r 은 64로 설정하였다. 그림 3은 제안한 전처리를 사용한 경우(b)와 적용하지 않은 경우(a)에 대한 비올라-존스 얼굴검출 결과를 잘 비교하고 있다. 전처리하지 않은 경우 검출이 안 되는 얼굴영상을 제안한 전처리 과정을 추가함으로써 얼굴을 검출 할 수 있었다.

검출된 결과를 봤을 때, 밝은 영상에서는 미디언 스무딩 필터를 적용하지 않아도 좋은 검출 성능을 보였지만 측광이나 역광의 상황에서 얼굴이 제대로 보이지 않는 경우 미디언 필터를 쓰지 않고는 거의 얼굴을 검출할 수 없었다. 반면에 미디언 필터를 적용했을 때 주변 밝기 변화와 상관 없이 일정한 성능으로 얼굴을 검출하는 것을 확인했다.

2. 피부색 영역에서의 코너 특징점 검출

비올라-존스 얼굴 검출기만으로는 다양한 얼굴 각도에 대해 얼굴검출이 어려울 뿐 아니라 검출 결과도 안정적이지 못하다. 이를 보완하기 위해 이전 프레임에서 얼굴 위치를 알고 있을 때, 그 정보를 이용하여 다음 프레임에서 얼굴 위치를 예측하는 추적 알고리즘을 보완하였다. 본 논문에서는 코너 특징점을 검출하여, 각각의 특징점에 옵티컬-플로우(optical flow) [5]를 사용하여 특징점을 추적한다.

추적할 옵티컬-플로우 특징점은 비올라-존스 얼굴 검출기에서 추출한 얼굴영역 내의 살색 화소에 존재하는 코너 특징점을 활용하였다. 사람의 피부색 판별을 위해 본 논문에서는 영상을 다른 색상 공간계(color space)로 치환하지 않고 식 (2)와 같이 입력 영상인 RGB를 그대로 활용하였다. 얼굴 영역 중에서도 피부색 부분에서만 특징점을 추출하여 배경을 최대한 배제하도록 했다.

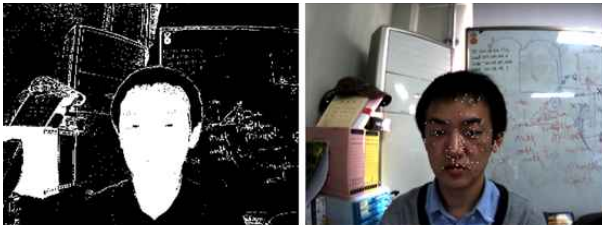


그림 4. 얼굴영역 검출과 해리스코너 추출 예.
Fig. 4. An example of face region detection and extraction of harris corners.

$$Face\ Region = \begin{cases} 1 & \text{if } 2r - g - b > th \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

그리고 코너특징을 검출하기 위한 방법으로 식 (3)과 같은 헤시안행렬(Hessian matrix)를 구해서 코너를 검출하는 해리스 코너(Harris Cornr)를[6] 활용하였다.

$$H(p) = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 I}{\partial x^2} & \frac{\partial^2 I}{\partial x \partial y} \\ \frac{\partial^2 I}{\partial x \partial y} & \frac{\partial^2 I}{\partial y^2} \end{bmatrix} \quad (3)$$

해리스코너는 영상 밝기값의 2차 미분값을 이용한다. 얼굴영상 내 모든 화소에서 영상의 2차 미분을 구하고, 이를 이용하여 새로운 “2차 미분 영상” 또는 헤시안 영상(Hessian image)”을 생성하여 코너점을 검출한다. 그림 4는 이러한 얼굴영역 검출과 해리스코너 추출 예를 보여주고 있다.

3. 옵티컬-플로우를 이용한 코너 특징점 추적

옵티컬-플로우(optical flow)는 연속적인 두 영상프레임에서 특징점의 밝기값이 같고(식 (4)), 그 주변의 밝기 변화에 대한 특성이 유지된다는 가정하에(식 (5)), 특징점의 이동을 추적하는 기술이다. 본 논문에서는 피라미드 이미지를 활용한 루카스-카나데 방법[5]을 사용하여 옵티컬-플로우를 계산하였다.

$$I(x,y,t) = I(x + \delta x, y + \delta y, t + \delta t) \quad (4)$$

$$I(x + \delta x, y + \delta y, t + \delta t) = I(x, y, t) + \frac{\partial I}{\partial x} \delta x + \frac{\partial I}{\partial y} \delta y + \frac{\partial I}{\partial t} \delta t + H.O.T. \quad (5)$$

추출된 코너 특징점은 옵티컬-플로우 방법에 의하여 다음 프레임에서 움직인 위치를 추적하고, 이를 통해 시청자의 시역을 예측하게 된다. 특징점 추출은 특정 프레임마다 한 번씩 정기적으로 이루어지며 이 때 기존의 특징점들은 새로운 특징점으로 대체된다. 추적하는 특징점이 옵티컬-플로우 계산 과정에서 탈락되어 일정 수 이하로 떨어진다면 프레임수와 관계없이 새로운 특징점을 추출한다.

4. 칼만필터

일반적으로 비올라-존스 얼굴검출기를 이용하여 입력영상에서 얼굴을 검출하면 사람의 얼굴이 움직이지 않음에도 불구하고 그림 5의 실험결과와 같이 검출된 얼굴의 중심과

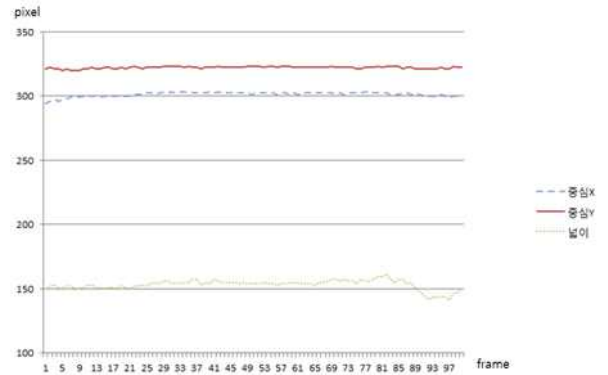


그림 5. 정면을 바라보는 움직이지 않는 실험영상에 대한 비올라-존스 얼굴 검출기 실험결과.

Fig. 5. The face detection results in the absence of facial movement by Viola-Johns detector.

얼굴의 면적은 일정하지 않고 상당 부분 흔들리는 것을 실험을 통하여 쉽게 확인할 수 있다.

이러한 이유는 비올라-존스 얼굴 검출기가 얼굴검출 과정에서 이전 프레임의 검출 결과를 전혀 고려하지 않기 때문이다. 이것을 보정하기 위해 본 논문에서는 칼만 필터(kalman filter)를 적용하여 이러한 부분을 보완하였다. 칼만 필터를 위한 상태변수 벡터(X)와 측정변수 벡터(Z)는 식 (6)과 같다.

$$X = [x\ y\ s\ dx\ dy\ ds]^T, \quad Z = [x\ y\ s]^T \quad (6)$$

여기서 (x, y)는 얼굴의 중심좌표이고, s는 비올라-존스 얼굴 검출기로 검출된 얼굴넓이를 의미한다. 그리고 dx, dy, ds는 각각 한 프레임동안의 중심과 얼굴넓이 변화량을 나타낸다.

제한하는 알고리즘에서 얼굴의 위치는 옵티컬-플로우 방법이나 비올라-존스 검출기로 예측할 수 있지만 얼굴의 크기는 옵티컬-플로우 방법으로는 추정할 수 없다. 얼굴 넓이에 대해 안정적인 결과를 얻기 위해 비올라-존스 얼굴검출기에서 검출된 결과를 칼만필터로 필터링함으로써 안정적인 얼굴의 중심과 넓이를 얻을 수 있다.

5. 시역각도 및 거리 추정

옵티컬-플로우를 계산하기 위해서는 피라미드 이미지를 활용한 루카스-카나데 방법[5]을 사용하였다. 옵티컬 플로우에 대한 계산이 끝나면 이전의 얼굴 영역을 벗어난 특징점은 영구적으로 제외하고 얼굴 영역에 속한 모든 특징점들의 옵티컬-플로우 벡터를 평균해서 이전 위치와 비교하면 옵티컬 플로우를 통한 얼굴 추적이 가능하다. 이 결과를 비올라-존스 얼굴검출 결과와 결합하여 최종적인 얼굴의 위치를 결정한다. 여기에 대한 식은 식 (7)과 같다.

$$R(x,y) = O(x,y) \cdot \mu + (1-\mu) V(x,y) \quad (7)$$

식 (7)에서 O(x,y)는 옵티컬-플로우에 의한 얼굴검출 결과이고, V(x,y)는 비올라-존스 얼굴검출기로 찾아낸 얼굴의 중심 위치를 나타낸다. R(x,y)는 최종적인 얼굴의 중심 좌표이다. μ는 옵티컬-플로우 결과와 비올라-존스 얼굴검출기 결과 중 어느 쪽에 더 비중을 둘 것인가를 결정하는 것

으로 0보다 크고 1보다 작다. 유틸리티-플로우는 항상 이전 프레임에 참고로 하여 상대적인 결과를 도출하기 때문에 만약 얼굴이 아닌 영역에서 검출이 된다면 $V(x, y)$ 에 의해 서서히 얼굴과 가까운 영역으로 복원될 것이다. μ 값이 클수록 안정적인 결과를 보여주지만 얼굴검출이 실패했을 경우 복원속도가 떨어진다. 반대로 μ 값이 작으면 비올라-존스 얼굴 검출기에서 생기는 오류에 대해 너무 민감하게 반응하게 되어 안정적인 얼굴 검출을 보장하기 어렵다. 본 연구에서는 실험적 검증을 통해 μ 를 0.75로 두었다. 만약 비올라-존스 얼굴검출기에서 얼굴이 검출되지 않으면 유틸리티-플로우의 결과만으로 얼굴의 위치를 추정한다.

5.1 단안(카메라 1대) 시점 방법

단안 시점 방법에서는 원칙적으로 영상에 나타난 물체와의 거리를 추정할 수 없고 오직 시청자와 카메라가 이루는 각도만 추정할 수 있다.

시청자의 위치와 카메라가 이루는 각도를 추정하는 방법은 그림 6에 나타내었다. 그림 6은 카메라 보정 기술에 의해 카메라가 가지고 있는 모든 왜곡이 제거되고 영상의 중심이 카메라의 광축과 일치한다고 가정할 때 위에서 본 모습이다. 여기서 카메라의 광축은 ϕ , 영상과 카메라 중심간에 떨어진 거리(화소)는 x , 초점거리는 f 구하고자 하는 카메라 중심과 시청자의 얼굴 중심의 각도 θ 는 식 (8)에 의하여 구할 수 있다(참고로, 실제로는 사람 얼굴의 중심이 아니고, 사람의 얼굴에서 두 눈의 중심으로 계산한다).

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{x}{f}\right) \tag{8}$$

5.2 양안(카메라 2대) 시점 방법

양안 시점을 이용하면 카메라와 추적하고 있는 시청자 얼굴이 떨어진 거리까지도 추정할 수 있다. 양안 시점에서 시청자와 카메라가 떨어진 거리를 구할 때 핵심적인 사항은 두 카메라간의 떨어진 거리에서 발생하는 물체에 대한 시차(대응 거리, disparity)를 구하는 것이다. 이러한 거리를 구하는 방법으로 화소 단위로 대응 거리를 구하는 방법이 대표적(예, SAD, BP 알고리즘 등)이지만 이를 위해서는 대단히 많은 연산을 필요로 한다. 그래서 본 연구에서는 영상 전체의 화소에 대해서 대응 거리를 구하지 않고, 두 카메라에서 검출된 얼굴의 중심점 차이(시차, disparity)만을 이용하여 시청자의 거리를 예측하였다. 즉 두 카메라에서 촬영

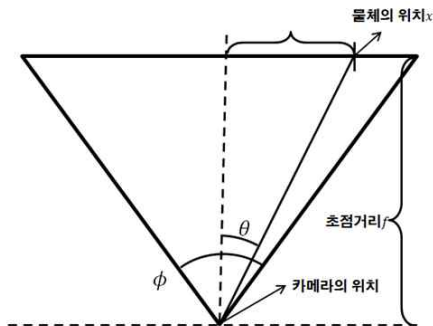


그림 6. 시청자의 각도 추정.
Fig. 6. Viewer angle estimation.

된 영상 각각에 대해 얼굴을 검출/추적한 뒤 얼굴의 중심점 좌표끼리 시차(disparity)를 비교하여 대응 거리를 구하였다.

III. 실험결과 및 고찰

본 실험에서는 미리 실험 영상을 촬영한 뒤 동일한 영상에 대해 여러 알고리즘을 적용하여 그 성능을 평가 하였다. 실험 영상은 주변 환경과 거리에 따라 각각 촬영하여 다양한 환경에 따른 비교가 가능하도록 했다. 본 실험에서 기준 알고리즘이란 비올라 존스 검출기와 칼만 필터만 결합한 것으로서 유틸리티-플로우를 이용한 추적 기능 및 조명제거를 위한 전처리 기능이 제외되어 있다.

1. 얼굴추적에 대한 실험 및 평가

얼굴 추적에서 중요한 성능 평가 요인은 얼굴 검출율과 처리 시간(fps: frame per sec)이다. 검출율은 모든 프레임에 대해서 얼굴을 정확하게 검출한 프레임의 비율로 계산하였고 Intel Core i7 870에서 실험하였다. 제안하는 알고리즘의 성능을 비교 평가하기 위해 OpenCV에서 제공하는 비올라-존스 얼굴검출 알고리즘을 기준 알고리즘으로 하였다. 먼저 그림 7은 얼굴이 정면을 보고 있으며, 기울어짐이 없고 평행 이동만 이루어지는 영상에 대해 실험한 결과이다.

표 1에 나타난 결과와 같이 정면 얼굴에 대한 검출에서는 두 알고리즘 모두 100%의 검출을 보여주었다. 제안된 알고리즘은 기준 알고리즘에 비해 영상의 크기에 따라 FPS (Frame Per Second)가 크게 달라지는 것을 볼 수 있는데, 이는 영상의 크기가 커질수록 유틸리티-플로우를 위한 특징점이 많이 검출되기 때문이다.

피실험자가 다양한 얼굴 움직임을 보이는 난이도가 높은 실험 영상에 대한 결과는 그림 8과 표 2에 나타냈다. 기준 알고리즘에 비해 제안된 알고리즘은 피실험자의 다양한 움직임을 모두 검출하는 것을 볼 수 있다.

그림 9와 표 3은 다양한 조명환경에서의 얼굴검출 결과를 비교실험한 결과이다. 결과에서 알 수 있듯이 기준 알고



(a) Viola-Johns face detector. (b) Proposed algorithm.

그림 7. 정면얼굴 실험영상에 대한 기준 알고리즘과 제안된 알고리즘의 성능 비교.

Fig. 7. The results of face detection for frontal faces.

표 1. 정면 얼굴 검출 비교 실험결과.

Table 1. The results of face detection for frontal faces.

	검출율	평균 FPS (640x480)	평균 FPS (320x240)
기준 알고리즘	100%	71.31	80.23
제안 알고리즘	100%	21.30	38.84

리즘은 빛의 변화에 대해 적절히 대처하지 못한다. 특히 어두운 실내에서 역광이 비추는 경우 거의 검출에 실패했다. 반면 제안하는 알고리즘은 전처리 과정을 통해 빛의 세기나 방향에 상관없이 일정한 성능을 보여주는 것을 확인할 수 있었다.



(a) Viola-Johns face detector (b) Proposed algorithm

그림 8. 다양한 얼굴 기울어짐에 대한 얼굴검출 결과 비교.
Fig. 8. The results of face detection for various slant faces.

표 2. 다양한 얼굴 기울어짐 영상에 대한 비교실험.

Table 2. The results of face detection for slant faces.

	검출율 (640x480)	평균 FPS (640x480)	평균 FPS (320x240)
기준 알고리즘	71.25%	20.27	33.01
제안 알고리즘	100%	19.89	33.33



(a) Viola-Johns face detector. (b) Proposed algorithm.

그림 9. 다양한 조명환경에서의 얼굴검출 결과.
Fig. 9. The results of face detection for various illumination changes.

표 3. 다양한 조명 환경에서의 얼굴검출 비교실험.

Table 3. The results of face detection for various illumination changes.

	밝은 측광	어두운 측광	밝은 역광	어두운 역광
기준 알고리즘	100%	47.25	89%	4.75%
제안 알고리즘	100%	98.5%	100%	97%

2. 거리추정에 대한 실험

거리 추정 알고리즘에 대해서도 정확성과 계산속도를 실험하였다. 기본적으로 기존의 많은 스테레오 비전을 이용한 거리 추정 알고리즘들(SAD, BP 등)[7,8]은 매우 많은 계산량을 요구하기 때문에 모바일 3D 환경에서는 적용하기가 어렵다. 본 연구에서 목표로 하고 있는 모바일 디스플레이는 비교적 열악한 연산 파워를 가지고 있다고 할 수 있다. 스테레오 비전에서 대응 거리를 구하는 알고리즘으로 본 논문에서는 SAD와 BP 알고리즘을 기준으로 실험하였다. 거리계산을 위해서 SAD와 BP 알고리즘의 대응점은 전체영역이 아닌 검출된 얼굴 영역 안에서만 구했다. 제안된 거리추출 알고리즘은 II 장에서 언급한 것과 같이 두 카메라에서 들어오는 영상에 대해 제안된 얼굴 검출 알고리즘을 수행하고, 검출된 얼굴중심 간의 시차(disparity)에 대한 대응 거리를 구해서 시청자의 얼굴이 위치한 거리로 예측하였다. 실험영상은 피실험자가 카메라와 일정한 거리를 유지한 채로 Z축을 법선벡터로 하는 평면상에서 카메라 방향으로 거리를 좁히는 테스트 영상을 촬영하여 실험하였다. 각각의 거리 추정 알고리즘이 추정한 거리의 평균과 표준편차를 통해 알고리즘의 성능을 평가하였다. 실험에 사용한 영상의 해상도는 모바일기기의 특성과 실시간성을 고려하여 320x240으로 했고, 카메라와 얼굴간의 거리는 임의로 그 거리를 변화시켰다(그림 10, 표 4 참조).

이 때 피실험자는 고개를 다양한 각도로 움직이며 앞뒤로도 움직임이 있기 때문에 아주 정밀한 카메라와 피실험자간의 거리를 추정할 수는 없다. 다만 BP를 이용한 방법과 양쪽 모두에서 얼굴을 검출하여 그 차를 비교한 방법에

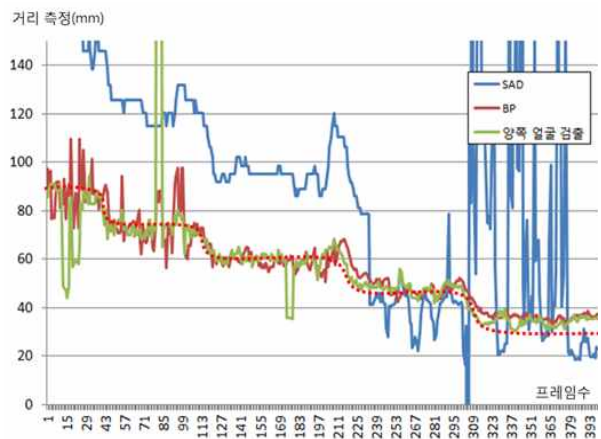


그림 10. 거리추정 실험결과.

Fig. 10. The results of distance estimation.

표 4. 다양한 조명 환경에서의 얼굴검출 비교실험.

Table 4. The results of face detection for various illumination changes.

	평균 FPS	최소 FPS	최대 FPS
SAD	35.32	17.24	47.61
BP	5.9	1.8	10.75
제안된 양쪽 얼굴검출 방법	17.65	9.10	23.25

서 의도된 거리와 유사한 결과를 보여주었으며 특히 의도하지 않게 거리가 멀어지거나 가까워지는 부분(피실험자가 주어진 동선대로 움직이지 않는 경우)에서 동시에 같은 측정 결과를 보여주었기 때문에 두 측정 결과는 신뢰할만하다고 할 수 있다. 다만 SAD를 이용한 방법에서는 매우 불안정한 거리추정 결과를 보여주어 빠른 처리속도에도 불구하고 실용화하기에는 어렵다는 것을 보여주었다.

표 4의 결과에서 알 수 있듯이 속도면에서는 BP의 경우 특히 거리가 가까울 때 초당 1프레임 정도의 매우 낮은 속도를 보여주었기 때문에 실용화에는 부적합하다. 반면 양쪽에서 얼굴을 검출하는 알고리즘의 경우 평균 17.5 FPS의 속도를 보여주었다. 지금 단계에서는 모바일 기기에 적용하기에 무리가 있지만 더욱 알고리즘을 간결하게 고치고 최적화를 수행할 경우 실시간 처리가 가능한 알고리즘을 개발할 수 있을 것으로 전망한다.

IV. 결론 및 추후과제

본 논문에서는 새로운 3D 모바일 디스플레이에 적용할 수 있도록 속도와 안정성에 대한 이슈를 모두 해결한 시역 계측 알고리즘을 제안하였고, 그 효용성을 여러 실험을 통하여 입증하였다. 시청자의 위치를 인식하여 3D 디스플레이의 좁은 시야각을 해결하는 연구(다중 패럴랙스 배리어 방식의 무안경식 3D 디스플레이)는 3D 디스플레이 분야에서 현재도 연구가 계속해서 진행 중에 있다. 향후 직접 3D 모바일 디스플레이 장치에 적용하여 그 성능을 평가하고 검증하는 연구를 수행할 예정이다.

참고문헌

- [1] E. Trucco and A. Verri, *Introductory, Techniques for 3-D Computer Vision*, Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1998.
- [2] J. H. Kim, T. Zhu, J. Y. Kim, and D. J. Kang, "A method to improve the performance of adaboost algorithm by using mixed weak classifier," *Journal of Institute of Control, Robotics and Systems*, vol. 15, no. 5, pp. 457-464, May 2009.
- [3] T. F. Cootes, G. J. Edwards, and C. J. Taylor, "Active appearance models," *IEEE TPAMI*, vol. 23, no. 6, pp. 681-685, 2001.
- [4] T. F. Cootes, C. J. Taylor, D. H. Cooper, and J. Graham, "Active shape models - their training and application," *Computer Vision and Image Understanding*, vol. 61, pp. 38-59, 1995.
- [5] B. D. Lucas and T. Kanade, "An iterative image registration technique with an application to stereo

vision," *Proc. of the 1981 DARPA Imaging Understanding Workshop*, pp. 121-130, 1981.

- [6] C. Harris and M. Stephens, "A combined corner and edge detector," *Proc. of the 4th Alvey Vision Conference*, pp. 147-151, 1988.
- [7] H. Chen and Z. Xu, "3D map building based on stereo vision," *2006 IEEE International Conference on*, p. 969, 2006.
- [8] M. F. Tappen and W. T. Freeman, "Comparison of graph cuts with belief propagation for stereo using identical MRF parameter," *Proc. of International Conference on Computer Vision*, vol. 2, pp. 900-906, Oct. 2003.
- [9] K. J. Kim and S. W. Nam, "An efficient DC-notch FIR filter design," *SICE 2007 Annual Conference*, pp. 16, 2008.
- [10] G. Kim and J. S. Cho, "Study on Viewpoint Estimation for Multi-layer Parallax Barrier," *2011 26th ICROS Annual Conference (in Korean)*, vol. 26, pp. 515-516 May 2011.
- [11] K. S. Seo and Y. K. Kim, "Scale and rotation robust genetic programming-based corner detectors," *Journal of Institute of Control, Robotics and Systems (in Korean)*, vol. 16, no. 4, pp. 339-345, Apr. 2010.



김기석

2010년 2월 한국기술교육대학교 인터넷 공학과(공학사). 2010년 3월~현재 한국기술교육대학교 대학원 컴퓨터 공학석사 과정. 관심분야는 Object detection and tracking, Pattern Recognition, Programming Language.



조재수

1993년 2월 경북대학교 전자공학과(공학사). 1996년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공과(공학석사). 2001년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학(공학박사). 2001년 3월~2003년 7월 (주) 삼성전자. 2003년 9월~현재 한국기술교육대학교 컴퓨터공학부 부교수. 관심분야는 Automatic Video Tracking, Visual Surveillance, Pattern Recognition, Machine Learning.