

논문 2008-45SP-2-4

실세계 3차원 기하학 정보를 이용한 실시간 지시영역 추정 시스템의 구현 및 응용

(Real-time Implementation and Application of Pointing Region
Estimation System using 3D Geometric Information in Real World)

한 윤 상*, 서 용 호*, 두 경 수**, 김 진 태***, 최 종 수****

(Yun-Sang Han, Yung-Ho Seo, Kyoung-Soo Doo, Jin-Tae Kim, and Jong-Soo Choi)

요 약

본 논문에서는 취득된 영상으로부터 실세계 지시 영역을 추정하는 방법을 제안한다. 일반적으로 사람은 무엇인가를 지시할 경우, 얼굴 방향을 목표물에 두게 된다. 따라서 얼굴영역과 손끝 영역을 연결한 직선을 지시방향이라 간주하였다. 먼저, 제안된 알고리즘은 2대의 카메라로부터 실시간으로 얻어진 영상에서 피부색 검출을 통해 사용자의 얼굴 및 손끝영역에서 2점을 추출하고, 이를 실세계 3차원 기하학 정보를 이용하여 지시방향 및 지시영역을 추정한다. 또한 제안된 알고리즘을 이용한 정확한 지시영역 추출을 기반으로 두 대의 카메라와 한 대의 빔 프로젝터로 구성된 '양방향 영화정보 안내 시스템(ICIGS: Interactive Cinema Information Guiding System)'을 구성하여 제안된 알고리즘의 실용화 가능성을 확인하였다.

Abstract

In this paper we propose a real-time method to estimate a pointing region from two camera images. In general, a pointing target exists in the face direction when a human points to something. Therefore, we regard the direction of pointing as the straight line that connects the face position with the fingertip position. First, the method extracts two points in the face and the fingertips region by using detecting the skin color of human being, And we used the 3D geometric information to obtain a pointing detection and its region. In order to evaluate the performance, we have build up an ICIGS(Interactive Cinema Information Guiding System) with two camera and a beam project.

Keywords : Pointing region estimation, Motion analysis, Camera calibration, 3D reconstruction

I. 서 론

최근 유비쿼터스(ubiquitous) 기술이 발전함에 따라 사람의 생활이 보다 편리하도록 컴퓨터를 이용한 각종

서비스 제공 기술의 연구가 활발히 진행되고 있다. 일반적으로 사람은 서비스 제공을 받기 위해 관심영역을 표시하고, 이를 상대방에게 알리는 방법으로 손의 움직임 이용한 지시 동작을 통해 자신의 의도를 알린다^[1]. 즉, 사용자가 매장에 전시된 많은 상품 또는 제시정보 중에서 특정 상품 또는 제시정보를 손으로 지시하여 적극적인 관심을 표시한다면 사용자는 원하는 특정 정보만을 서비스 제공자로부터 보다 쉽게 얻을 수 있다. 따라서 손의 움직임에 의한 지시 방향의 추정 및 지시 영역의 검출은 서비스 제공자에게는 매우 중요한 일이다. 그러나 컴퓨터가 서비스제공자의 역할로서 사용자의 지시 방향 추정을 수행하기 위해서는 사람의 얼굴, 손 등을 사용한 동작을 실시간으로 센싱(sensing)하고 이를

* 학생회원, ** 정회원, *** 평생회원, 중앙대학교 첨단 영상대학원 첨단영상학과
(Dept. of Image Engineering, GSAIM, Chung-Ang University)

**** 정회원, 한서대학교 컴퓨터정보학과
(Dept. of Computer Information Science, Han-Seo University)

※ 본 연구는 교육인적자원부, 산업자원부, 노동부 출연금으로 수행한 최우수실험실지원사업, 서울시산학협력사업, 2단계 BK21 지원과제임.

접수일자: 2007년11월26일, 수정완료일: 2008년2월26일

분석하여 요구에 응하는 과정이 필요하다^[2,3].

손 동작 분석을 통한 지시 영역 추정은 제스처 인식 및 로봇 제어 분야에서 응용되어 연구되고 있다. Watanabe 등은 8대의 카메라를 45도 간격의 방사형으로 설치하고, 각 방향에서의 얼굴 영역을 4방향 특징의 선형판별분석법을 이용하여 정면 얼굴을 추정한다. 추정된 정면 얼굴 방향에 가장 근접한 2대의 좌우카메라를 선택, 눈과 손끝을 추출하여 지시 방향을 추정하였다^[4]. 이는 카메라의 방향에 따른 손끝의 가려짐 영역을 최소화 할 수 있는 이점을 가지고 있다. 그러나 제한된 환경에서의 실험으로서 많은 카메라를 사용해야하는 단점을 가지고 있다. Yamaguchi 등은 사용자의 손동작을 이용하여 로봇에 명령어를 전달하거나 위치지시 동작(pointing movement)을 통해 로봇의 이동방향을 제어하는 방법을 제안하였다^[5]. 손동작으로부터 지시방향의 추정은 신체 일부분에 마커를 착용하여 RGB정보를 취득하며 이를 이용하여 지시방향을 추정, 그 지점에 로봇을 이동시키고 있다. 그러나 위치지시 동작은 손끝과 어깨와의 직선을 이용함으로써 특징 추출이 어려운 어깨 검출에서 오는 오차의 문제가 대두된다.

본 논문에서는 2대의 카메라로부터 취득된 영상으로부터 피부색 검출을 통해 사용자의 얼굴 및 손끝영역에서 2점을 추출하고, 이를 카메라의 투영 행렬(projection matrix)에 적용하여 실세계 지시 영역을 추정하는 방법을 제안한다. 또한 제안된 시스템의 실제 응용을 위해 두 대의 카메라와 한 대의 빔 프로젝터로 구성된 '양방향 영화정보 안내 시스템(ICIGS: Interactive Cinema Information Guiding System)'을 구성한다. 이는 단방향의 일방적 정보제공이 아닌 사용자의 요구에 따라 영화정보를 다양하게 제공하는 시스템으로 향후 다양하게 활용될 수 있다.

본 논문의 구성은 II장에서 두 대의 카메라로부터 취득된 평면 격자 영상을 이용하여 각각 카메라의 투영 행렬(projection matrix)을 계산한다. III장에서는 배경 영상(background image)과 현재 영상과의 차분으로 1차적인 배경을 제거한 후 HSI컬러 공간에서 색상(hue) 차를 이용하여 부드러운 그림자(softshadow)를 제거한다. 이렇게 얻어진 관심영역에서 템플릿 매칭을 이용하여 머리를, HSI 칼라영역의 색상(hue)값을 이용하여 손끝의 위치를 찾은 후, 앞 과정에서 얻어진 투영행렬을 이용하여 두 점의 3차원 좌표를 추정하고 실세계의 지시영역을 찾는다. IV, V장에서는 추정된 3차원 실세계 지시영역을 활용한 양방향 영화정보 안내 시스템

(ICIGS)을 설명하고 실험결과를 기술하며 VI장에서 결론을 맺는다.

II. 카메라 보정

이 장에서는 두 대의 카메라로부터 얻어지는 2차원 영상 좌표로부터 3차원 공간상의 위치를 추정하는 방법에 대하여 기술한다.

1. 카메라 내부/외부 변수

일반적인 핀홀(pin-hole) 카메라에 대해서 3차원 공간상의 한 점 $\tilde{X}_i = (X_i, Y_i, Z_i, 1)$ 와 그에 대응되는 2차원 카메라 평면 영상 좌표계의 한 점 $\tilde{x}_i = (x_i, y_i, 1)$ 가 주어졌을 때, 이 두 점들과의 관계는 3×4 카메라 투영 행렬에 의해 모든 점 i 에 대해서 $x_i = PX_i$ 를 만족하게 된다^[6].

$$\lambda_i \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{13} & p_{14} \\ p_{21} & p_{22} & p_{23} & p_{24} \\ p_{31} & p_{32} & p_{33} & p_{34} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \\ 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

위의 사영 행렬은 11개의 자유도를 가지고 있으며, 다음 수식 (2)와 같이 실세계 좌표계와 관련된 카메라 원점과 위치로 분할 표현될 수 있다.

$$P = K[R | T] \quad (2)$$

내부 변수 K는 3×3 상삼각행렬로 a_u, a_v 는 카메라 영상의 각 x, y축에 대한 크기의 비율, s는 그 두 축의 기울기, 그리고 u_0, v_0 는 카메라 중심과 카메라 투영 평면이 직교하는 주점(principal Point)을 나타낸다. 외부 변수 R과 T는 카메라의 회전행렬(rotation matrix)과 이동행렬(translation matrix)를 의미한다.

$$K = \begin{bmatrix} \alpha_u & s & u_0 \\ 0 & \alpha_v & v_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

2. 내부/외부 변수 추정

본 논문에서는 2차원 평면 격자 영상을 이용한 Z. Zhang의 강건한 카메라 보정 방법^[7]을 사용하여 두 카메라의 투영행렬을 추정한다. 이 방법은 실세계의 2차원 평면을 $Z = 0$ 으로 가정하고, 영상 내의 좌표와 2차

원 평면 좌표계 사이의 호모그래피 H를 계산한다.

$$s \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ 1 \end{bmatrix} = \mathbf{K} \begin{bmatrix} \mathbf{r}_1 & \mathbf{r}_2 & \mathbf{t} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$s\bar{\mathbf{x}} = \mathbf{H}\bar{\mathbf{X}} \quad \text{with } \mathbf{H} = \mathbf{K} \begin{bmatrix} \mathbf{r}_1 & \mathbf{r}_2 & \mathbf{t} \end{bmatrix} = [\mathbf{h}_1 \quad \mathbf{h}_2 \quad \mathbf{h}_3]$$
(4)

수식(4)에서 s는 임의의 상수이며, \mathbf{r}_1 과 \mathbf{r}_2 는 외부변수인 R의 각각 행벡터를 의미하며, t는 외부변수인 이동행렬을 의미한다. 호모그래피의 H 성분 중 회전형렬(rotation matrix)의 성질로부터, 두개의 방정식 (5)와 (6)을 얻는다.

$$\mathbf{h}_1^T \mathbf{K}^{-T} \mathbf{K}^{-1} \mathbf{h}_2 = 0$$
(5)

$$\mathbf{h}_1^T \mathbf{K}^{-T} \mathbf{K}^{-1} \mathbf{h}_1 = \mathbf{h}_2^T \mathbf{K}^{-T} \mathbf{K}^{-1} \mathbf{h}_2$$
(6)

수식 (5)와 (6)으로부터, 카메라 내부 변수의 특성을 이용하면, 수식 (7)과 같이 두개의 동차 방정식을 얻는다. 수식표현을 단순화하기 위해 행렬 b와 V가 사용된다. 행렬 b는 $\mathbf{K}^T \mathbf{K}^{-1}$ 의 대칭되는 6개의 성분으로 구성된다.

$$\mathbf{Vb} = \begin{bmatrix} v_{12}^T \\ (v_{11} - v_{22})^T \end{bmatrix} \mathbf{b} = \mathbf{0}$$
(7)

with $v_{ij} = [h_1 h_1, h_1 h_2 + h_2 h_1, h_2 h_2, h_3 h_1 + h_1 h_3, h_3 h_2 + h_2 h_3, h_3 h_3]^T$

행렬 V는 $2n \times 6$ 행렬로서 n이 3 이상이면, 비율 정보 수준 전까지(up to scale) 정의되는 행렬 b의 유일한 해를 얻을 수 있다. 이것으로부터 내부 파라미터, 외부 변수를 추출해낸다.

3. 렌즈의 방사왜곡에 의한 카메라 변수 보정

실험에는 초점거리 4mm인 렌즈를 사용하므로, 영상의 외곽으로 갈수록 방사왜곡(radial distortion)이 심해진다. 방사왜곡을 고려하지 않는다면, 그림 1과 같이 오

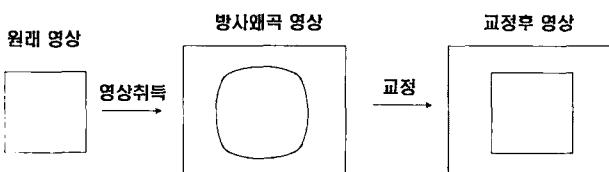


그림 1. 영상 취득 시 방사왜곡 및 교정
Fig. 1. Radial distortion and correction for image acquisition.

차가 커진다^[6].

이러한 방사왜곡을 교정하기 위해서는 격자패턴 영상을 이용하여, 수식 (8)에 의해서 왜곡 계수 k_1, k_2 를 얻어낸다^[7].

$$\begin{bmatrix} (u-u_0)(x^2+y^2) & (u-u_0)(x^2+y^2)^2 \\ (v-v_0)(x^2+y^2) & (v-v_0)(x^2+y^2)^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \tilde{u}-u \\ \tilde{v}-v \end{bmatrix}$$
(8)

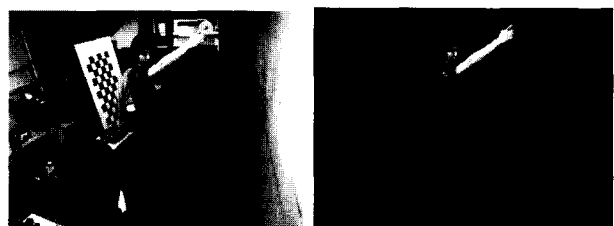
(u_0, v_0) 는 카메라 내부변수의 주점의 좌표, (u, v) 는 왜곡이 없는 이상적인 영상의 좌표, (\tilde{u}, \tilde{v}) 는 취득된 영상의 좌표이고, 유사하게 (x, y) 는 왜곡이 없는 정규화된(normalized) 영상의 좌표, (\tilde{x}, \tilde{y}) 는 취득 영상의 정규화된 좌표를 의미한다.

III. 지시 영역 추정

이 장에서는 카메라 영상으로부터 지시영역을 추정하는 방법에 대해 기술한다. 먼저 사용자의 얼굴과 손끝을 쉽게 추정하기 위해 배경 영상을 제거하고, 템플릿 정합(template matching)을 통하여 얼굴을 검출하고, 피부색을 적용하여 손끝의 위치를 검출, 최종적으로 지시영역을 추정하는 방법을 기술한다.

1. 배경 영상 제거

그림 2는 입력되는 카메라 영상으로부터 객체를 추출한 예를 보여주고 있다. 카메라 영상에서 움직이는 객체를 추출하기 위해 배경 영상과 현재 영상과의 RGB 차이를 이용하여 1차적인 관심 영역을 추정한다. $I_{RefR}, I_{RefG}, I_{RefB}$ 은 미리 저장된 배경 영상의 R, G, B값을 의미하며, I_R, I_G, I_B 는 현재 영상의 R, G, B값을 의미하며, th_R, th_G, th_B 는 관심 영역을 설정하기 위한 임계치이다.



(a) 입력 영상 (b) 객체 추출

그림 2. 배경 영상 제거
Fig. 2. Background image removal.

```

for all pixel
  if ( $|I_{Ref_R} - I_R| < th_R$ )
    if ( $|I_{Ref_G} - I_G| < th_G$ )
      if ( $|I_{Ref_B} - I_B| < th_B$ )
        select as interesting point
      end if
    end if
  end if
end for

```

이후 HSI 컬러 공간의 색상(Hue)값 차이를 이용하여 부드러운 그림자를 제거하는 배경 차분법(background subtraction)을 사용한다^[8].

```

for all interesting points
  if ( $|I_{Ref_H} - I_H| < th_H$ )
    select as object region
  end if
end for

```

I_{Ref_H}, I_H 는 각각 미리 저장된 배경 영상의 색상(Hue)값과 현재 영상의 색상(Hue)값을 의미하며, th_H 는 부드러운 그림자를 제거하기 위한 색상(Hue)값의 임계치를 의미한다.

2. 인체 부위 검출

사용자의 지시영역을 추정하기 위해서는 사용자의 얼굴과 손끝을 검출해야한다. 실시간으로 지시영역 추정을 위해 이전 과정에서 객체 영역만을 추출하였다. 먼저, 추출된 객체 영역 내에서 템플릿 정합을 통하여 얼굴 영역을 추출한다. 수식 (9)는 정규화된 상관 계수(NCC)를 구하는 방정식이고, 얻어진 상관계수를 통하여 얼굴의 위치를 검출한다.

$$\tilde{R}(x, y) = \frac{\sum_{y'=0}^{h-1} \sum_{x'=0}^{w-1} \tilde{T}(x', y') \tilde{I}(x+x', y+y')}{\sqrt{\sum_{y'=0}^{h-1} \sum_{x'=0}^{w-1} \tilde{T}(x', y')^2 \sum_{y'=0}^{h-1} \sum_{x'=0}^{w-1} \tilde{I}(x+x', y+y')^2}} \quad (9)$$

\tilde{I} 는 카메라로부터 취득된 현재 영상을 의미하며, \tilde{T} 는 템플릿 영상을 의미하며, h 와 w 는 템플릿 영상의 폭과 높이를 의미한다.

손끝을 검출하기 위해 먼저 피부색을 이용하여 손의 영역을 추출하고^[9,10], 얼굴 영역으로부터 가장 거리가 먼 픽셀의 위치를 얻어낸다.

3. 지시 영역 추정

두 대의 카메라에 대하여 각각의 사용자의 얼굴과 손끝 영역을 검출하였다. 각각의 카메라는 방사왜곡에 대한 교정 후 카메라 교정이 완료되었다. 수식 (10)은 두 대의 카메라로부터 3차원 좌표를 추정하는 선형 삼각화를 수행하는 방정식이다^[6]. P, P' 은 각각의 카메라 투영 행렬이고, $(x, y), (x', y')$ 은 각각 카메라의 좌표이고, 행렬 A 의 SVD를 통해서 공간상의 3차원 좌표를 추정할 수 있다. $p^{1T}, p^{2T}, p^{3T}, p'^{1T}, p'^{2T}, p'^{3T}$ 는 각 카메라 투영행렬의 행벡터를 의미한다.

$$\mathbf{AX} = \begin{bmatrix} xp^{3T} - p^{1T} \\ yp^{3T} - p^{2T} \\ x'p'^{3T} - p'^{1T} \\ x'p'^{3T} - p'^{2T} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix} = \mathbf{0} \quad (10)$$

위의 수식으로부터 사용자의 얼굴과 손끝영역에 대한 3차원 공간상에서의 좌표를 얻는다. 지시점은 사용자의 얼굴좌표(x_1, y_1, z_1)와 손끝 좌표(x_2, y_2, z_2)를 잇는 지시선과 관심 평면사이의 교차점이 된다. 수식 (11)은 프로젝터가 비춰지는 영역에 해당되는 관심 평면이고, 영역의 4개의 꼭지점의 좌표로부터 평면의 방정식을 얻는다. 수식 (12)는 사용자의 지시선과 관심 평면이 교차되는 3차원 상의 지시점 좌표를 구하는 수식이다.

$$ax + by + cz + d = 0 \quad (11)$$

$$\begin{aligned} x &= \frac{(x_1 - x_2)(ax_1 + by_1 + cz_1 + d)}{a(x_2 - x_1) + b(y_2 - y_1) + c(z_2 - z_1)} + x_1 \\ y &= \frac{(y_1 - y_2)(ax_1 + by_1 + cz_1 + d)}{a(x_2 - x_1) + b(y_2 - y_1) + c(z_2 - z_1)} + y_1 \\ z &= \frac{(z_1 - z_2)(ax_1 + by_1 + cz_1 + d)}{a(x_2 - x_1) + b(y_2 - y_1) + c(z_2 - z_1)} + z_1 \end{aligned} \quad (12)$$

IV. 양방향 영화정보 안내 시스템 (ICIGS)

제안된 알고리즘 구현을 위하여 사용자의 움직임 정보로부터 영화 정보 안내를 위한 응용 시스템인 '양방향 영화정보 안내 시스템 (ICIGS: Interactive Cinema

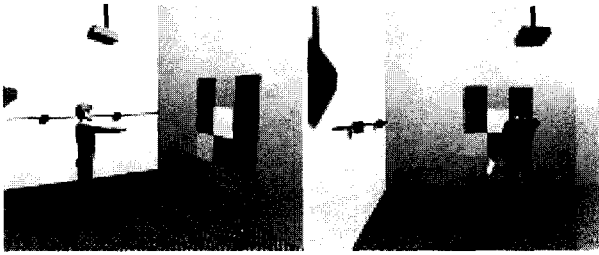


그림 3. 제안된 양방향 영화정보 안내 시스템
Fig. 3. The proposed ICIGS.



그림 4. 각 카메라의 관심 영역 추출
Fig. 4. The real environment and extraction of interesting region.

Information Guiding System)’를 설계하였다¹¹⁾.

그림 3은 제안된 영화정보 안내 시스템의 구성도로써 사용자의 측면에 2대의 1394 카메라, 후면에 1대의 빔 프로젝터를 배치하여 구성한다. 사용자의 정면에는 9가지의 영화 예고편이 나타난다. 사용자가 영화 포스터중의 하나를 지시하게 될 경우, 5~10초간 저장된 해당 영화의 예고편이 재생되며 이후 9개의 포스터를 다시 지시할 수 있도록 설계한다.

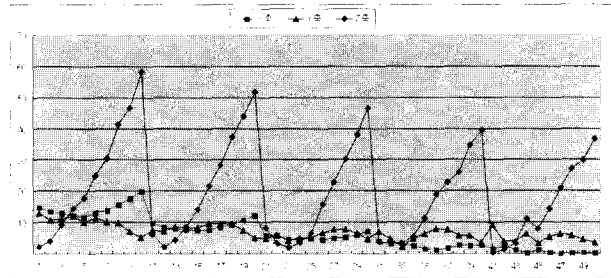
또한 투영되는 면의 정보를 추출하여, 사용자가 지시할 관심 영역의 평면을 구성하게 된다. 그림 4는 2대의 카메라에서 사용자가 지시할 관심 영역을 추출한 결과를 보여주고 있다.

V. 실험결과

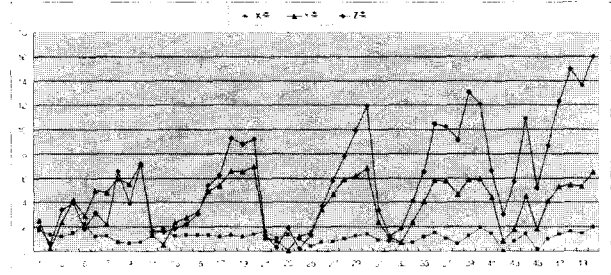
본 논문은 2대의 카메라를 사용하여 사용자의 얼굴과 손을 검출하고, 3차원 공간상에서 사용자가 지시하는 영역을 추정하는 방법을 제안했다. 또한, 제안된 알고리즘을 응용한 영화정보 안내시스템을 설계하였다.

1. 카메라 보정 및 왜곡

두 대의 카메라를 이용하여 3차원 공간상에서 사용자의 위치 정보를 추정하기 위해서는, 카메라 교정이 필요하다. 본 실험에서는 격자 간격이 10cm이고, 전체 크기 0.5m×1.5m의 격자 영상을 출력하여 카메라 교정

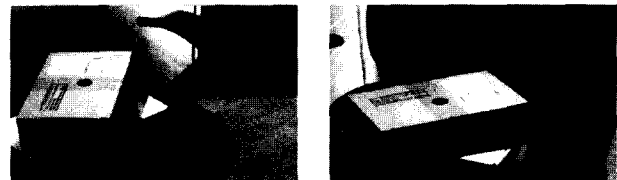


(a) 방사왜곡 교정 전

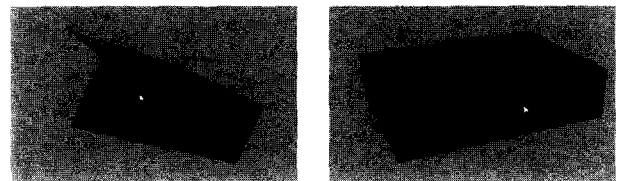


(b) 방사왜곡 교정 후

그림 5. 방사왜곡 교정 실험
Fig. 5. The experiment for correction of radial distortion.



(a) 입력영상



(b) 3차원 영상

그림 6. 박스 영상에 대한 3차원 영상
Fig. 6. 3D data of box images.

을 하였다. 그림 5는 평면 격자영상의 오차를 보여주고 있으며, 가로축은 패턴영상의 50개 격자점을 의미하며, 세로축은 50개 격자점을 재구성한 후 오차의 크기를 mm단위로 표현한 것이다. 그림 5의 (a)는 방사왜곡을 고려하지 않았을 경우, 최대 6cm의 오차가 발생했으며, 그림 5의 (b)는 왜곡을 교정했을 경우, 최대 1.6cm의 오차로 상당히 줄었다. 실험 결과에서 주기적으로 오차가 증가하는 것은 평면 격자의 세로 축상으로 오차가 점점 커지는 것을 의미하며, 영상의 외곽으로 갈수록, 오차가 커진다는 것을 보여주고 있다.

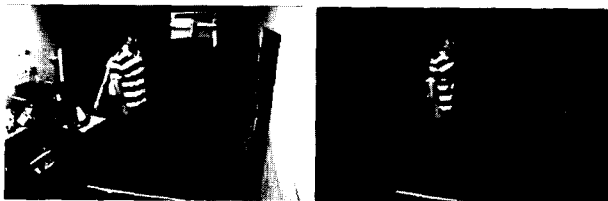
그림 6은 두 대의 카메라를 이용하여 상자 영상을 취

특하고, 3차원 상의 데이터를 추출한 후, 텍스처 매핑(texture mapping)한 결과를 보여주고 있다.

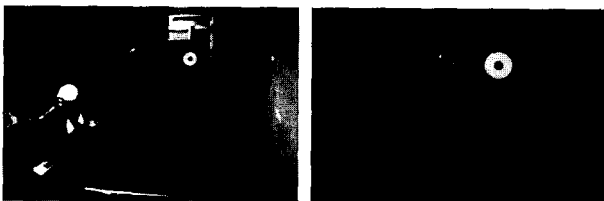
2. 지시 영역 추정

그림 7은 사용자의 얼굴과 손끝을 추정하는 실험을 보여주고 있다. 그림 7의 (a)는 III-2절에서 설명된 템플릿 정합에 의한 얼굴, (b)는 피부 색상을 이용한 손끝영역을 추출한 예이고, 그림 7의 (c)는 사용자의 의도에 따라 지시하는 직선을 나타내고, 영상으로부터 사용자의 얼굴과 손끝을 추출 후 추정된 점선을 나타낸다.

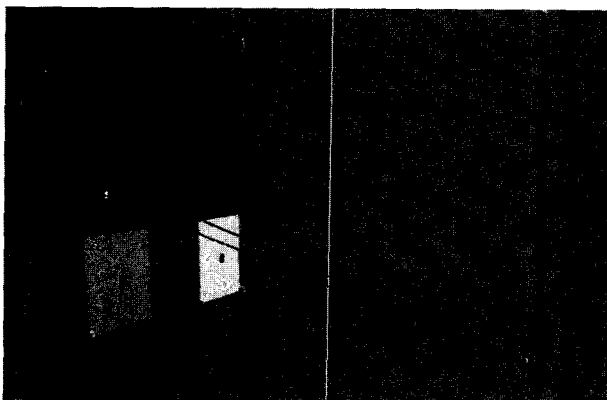
지시 영역의 정확도를 검사하기 위해 1.5m×1.5m의 실세계 평면을 3×3으로 나누어 9개의 평면의 중심을 3번씩 지시했다. 그림 8은 지시한 각 평면의 중심으로부터 추정된 지시점과의 거리 오차 및 각도를 보여주고 있다. 제안된 실험 환경 하에서 평면의 중심점으로부터 지시점과의 평균 거리오차는 49.02mm, 평균 각도오차는 1.22°로 측정되었다. 각 평면의 크기가 50cm로 설정



(a) 얼굴 추적

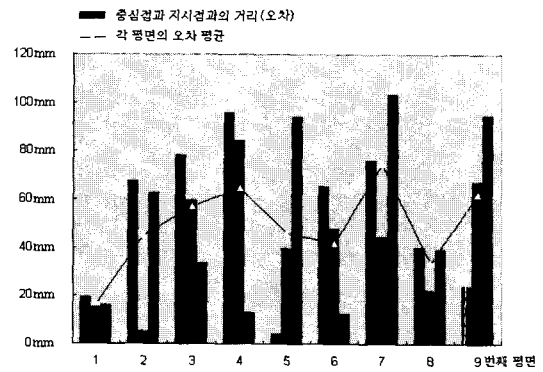


(b) 얼굴과 손끝 추적

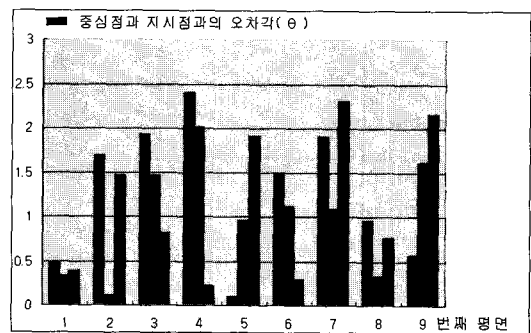


(c) 지시점 추정 결과

그림 7. 지시영역 추정 결과
Fig. 7. Result of pointing region estimation.



(a) 거리오차



(b) 오차 각도

그림 8. 지시점의 거리 오차 및 각도
Fig. 8. An error between center point and pointing point.

해 두었기 때문에, 측정된 오차는 허용범위 안에 포함된다고 간주된다.

3. 양방향 영화정보 안내 시스템 구현

그림 9는 제안된 양방향 영화정보 안내 시스템(ICIGS)의 구현 환경이다. 사용자가 지시하는 영역을 추정한 후, 해당 영역 내 영화의 예고편이 재생되고 있는 장면을 보여주고 있다.

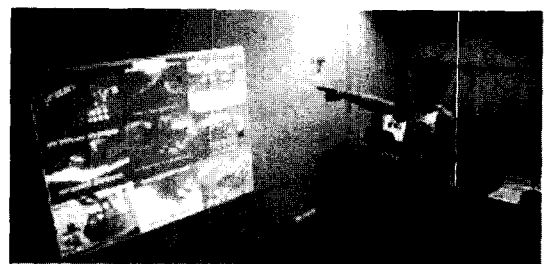


그림 9. 양방향 영화정보 안내 시스템
Fig. 9. ICIGS (Interactive Cinema Information Guiding System).

VI. 결 론

본 논문에서는 2대의 카메라로부터 취득된 영상을

이용하여 실세계 지시 영역을 추정하는 방법이 제안되었다.

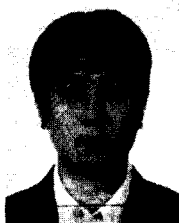
먼저, 두 카메라로부터 취득된 평면 패턴을 이용하여 각각 카메라의 투영행렬(projection matrix)을 계산한다. 배경 차분으로 얻어진 관심영역에서 템플릿 정합과 색상(hue)값을 이용하여 얼굴과 손끝의 위치를 찾은 후 이미 얻어진 투영행렬에 적용, 두 점의 3차원 좌표를 추정하여 실세계의 지시영역을 정확하게 추정한다.

실험에서는 9개의 평면에 제시된 영화정보를 지시하고 예고편이 종료된 시점에서 재 지시를 반복하여 신뢰성을 확인하였다. 또한 제안된 시스템의 응용을 위해 두 대의 카메라와 한 대의 빔 프로젝터로 구성된 '양방향 영화정보 안내 시스템(ICIGS)'을 구성하여 제안된 알고리즘의 실용화 가능성을 확인하였다. 향후에는 복수 인물에 대한 인식과 효율적인 카메라의 배치 등을 연구하여 보다 실용 가능한 시스템 구성이 되도록 진행될 예정이다.

참 고 문 헌

- [1] A. Pentland, "Looking at people: Sensing for Ubiquitous and Wearable Computing", IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.22, No.1, pp.107-119, 2000.
- [2] R. Cipolla, P. A. Hadfiels and N. J. Hollinghurst, "Uncalibrated stereo vision with pointing for man-machine interface", Proc. of IAPR workshop on Machine Vision Application, pp.163-166, 1994.
- [3] N. Jovic, B. Brumitt, B. Meyers, S. Harris, "Detection and Estimation of Pointing Gestures in Dense Disparity Maps", Proc. of International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, pp.468-475, 2000.
- [4] H. Watanabe, H. Hongo, K. Yamamoto, "Estimation of Omni-Directional Pointing Gestures using Multiple Camera", IEE of Japan, Vol.121-C, No.9, pp.1388-1394, 2001.
- [5] T. Yamaguchi, E. Sato, "Humantronics and RT-Middleware", Advances in Information Processing and Protection, Springer, 2007.
- [6] R. Hartley, A. Zisserman, "Multiple View Geometry", Cambridge Univ. Press, 2000.
- [7] Z. Zhang, "A flexible new technique for camera calibration", IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 22, No. 11, 1330-1334, 2000.
- [8] S. E. Kim, C. J. Park, I. H. Lee, "A Tracking Method of End-effectors in a Vision-based Marker-free Motion Capture System", IEEE Conf. on Cybermatics and Intelligent Systems, Vol. 1, 129-134, 2004.
- [9] J. Yang, W. Lu, A. Waibel, "Skin Color Modeling and Adaptation", (CMU-CS-97-146), CS Department, CMU, PA, U.S.A., 1997.
- [10] S. Kr. Singh, D. S. Chauhan, M. Vatsa, R. Singh, "A Robust Skin Color Based Face Detection Algorithm, Tamkang Journal of Science and Engineering", Vol. 6, No. 4, pp. 227-234, 2003.
- [11] Y. S. Han, Y. H. Seo, K. S. Doo, J. S. Choi, "The Real World Pointing Region Estimation System using 3D Geometry Information", in Proc. ITC-CSCC2007, Vol. 3, pp. 1111-1112, 2007.

저 자 소 개



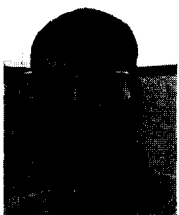
한 운 상(학생회원)
 2006년 한서대학교 컴퓨터
 정보학과 학사 졸업.
 2006년~현재 중앙대학교 첨단
 영상대학원 첨단영상학과
 석사과정.

<주관심분야 : 3차원 재구성, 컴퓨터 비전, 휴먼
 모션>



서 응 호(학생회원)
 2002년 중앙대학교 전자전기
 공학부 학사 졸업.
 2005년 중앙대학교 첨단영상대학
 원 영상공학과 석사 졸업.
 2005년~현재 중앙대학교 첨단
 영상대학원 첨단영상학과
 박사과정.

<주관심분야 : 영상처리, 컴퓨터 비전, 모션 캡처,
 HCI>



두 경 수(정회원)
 1989년 중앙대학교 전자공학과
 학사 졸업.
 1991년 중앙대학교 대학원
 전자공학과 석사 졸업.
 2001년 중앙대학교 대학원
 전자공학과 박사 졸업.

2002년~2004년 일본 (재)소프트피아 재팬
 주임연구원

2005년~현재 중앙대학교 첨단영상대학원
 첨단영상학과 전임강사

<주관심분야 : 실시간 영상처리, 휴먼모션, 감시
 시스템 개발>



김 진 태(정회원)
 1987년 중앙대학교 전자공학과
 학사 졸업.
 1989년 중앙대학교 대학원
 전자공학과 석사 졸업.
 1993년 중앙대학교 대학원
 전자공학과 박사 졸업.

1995년~현재 한서대학교 컴퓨터정보학과
 부교수

<주관심분야 : 영상처리, 영상통신>



최 종 수(평생회원)-교신저자
 1975년 인하대학교 전기공학과
 학사 졸업.
 1977년 서울대학교 대학원
 전자공학과 석사 졸업.
 1981년 Keio University(일본)
 전기공학과 박사 졸업.

1981년 2월~1981년 9월 Aloka Co. Ltd 연구소
 연구원.

1981년 9월~1999년 8월 중앙대학교 전자공학과
 교수.

1999년 9월~현재 중앙대학교 첨단영상대학원
 첨단영상학과 교수.

<주관심분야 : 영상신호처리, 컴퓨터 비전, 증강
 현실, 영상합성, 영상통신>