

움직임 정보를 이용한 제스처 인식 시스템

한 영 환[†]

요 약

본 논문은 복잡한 영상에서 추출해낸 손 영역으로부터 움직임 정보를 이용하여 제스처를 인식하는 시스템에 관한 것이다. 제안한 방법은 먼저 인접한 프레임간의 차 영상에 대하여 엔트로피를 측정한다. 큰 값을 갖는 영역에 대해 피부색에 가까운 분포를 갖는 색깔 정보를 추출하여 배경 영상으로부터 손 영역만을 추출한다. 추출된 손 영역에 대해 체인코드법을 이용하여 외곽선을 검출하고 개선된 무게중심 프로파일(centroidal profile) 방법을 적용하여 손의 제스처를 인식한다. 6가지 모양의 손 제스처를 사용한 실험 결과 기존의 방법들과 달리 표식을 사용하지 않고도 복잡한 배경과 조명의 변화에서 안정적으로 손 제스처를 인식할 수 있다. 또한 초당 15프레임 정도의 처리속도로 각 사람별로 95% 이상, 각 제스처별로 90~100%의 인식률을 얻을 수 있다.

Gesture Recognition System using Motion Information

Young-Hwan Han[†]

ABSTRACT

In this paper, we propose the gesture recognition system using a motion information from extracted hand region in complex background image. First of all, we measure entropy for the difference image between continuous frames. Using a color information that is similar to a skin color in candidate region which has high value, we extract hand region only from background image. On the extracted hand region, we detect a contour using the chain code and recognize hand gesture by applying improved centroidal profile method. In the experimental results for 6 kinds of hand gesture, unlike existing methods, we can stably recognize hand gesture in complex background and illumination changes without marker. Also, it shows the recognition rate with more than 95% for person and 90~100% for each gesture at 15 frames/second.

키워드 : 손(Hand), 제스처(Gesture), 엔트로피(Entropy), 프로파일(Profile)

1. 서 론

사람이 의사교환을 위하여 가장 많이 사용하는 방법은 음성이나 제스처, 얼굴표정 등이며 사람의 몸짓도 의사교환의 상당한 부분을 차지한다. 때에 따라서 전달하고자 하는 정보의 대부분이 이러한 행동에 포함되기도 한다. 따라서 이들을 통하여 상대방의 의사를 인식하려는 연구가 활발히 진행되고 있다[1-3].

제스처는 의사소통에 있어서 음성의 보조 역할을 하거나 수화 또는 수신호와 같이 독립적인 수단으로 사용되며, 물체를 조작하거나 지시하는데 있어서 가장 직관적인 방법으로 사용된다. 이미 2D/3D 마우스, TV 제어, 그리고 윈도우 관리기와 같은 응용을 통해 제스처는 실세계에서 컴퓨터와 인간의 상호작용(interaction) 뿐만 아니라 컴퓨터 기술의 발달에 따라 급격히 성장하고 있는 가상 환경 또는 가상현실 분야에서 가상의 물체를 조작하고 대화하는데 가장 적합한 수단으로 보여진다[4-7].

손 제스처는 보통 공간적인 정보만을 사용하는 정적(static)

제스처와 시간적인 정보를 사용하는 동적(dynamic) 제스처로 나눌 수 있다. 정적 제스처를 사용하는 경우 정의하는 제스처의 수가 많아질수록 구분할 수 있는 형태의 차가 적어지므로 각 제스처를 분류해내기가 어렵다. 동적 제스처는 정적 제스처에 비해 표현이 자연스럽고 사용할 수 있는 제스처의 수가 더 많지만 움직임 중에서 실제로 의미를 갖는 부분을 추출해내기 어려운 단점이 있다.

손 제스처 인식의 방법은 처리하는 정보의 입력 방식에 따라 글러브 기반의 방법과 컴퓨터 비전을 기반으로 하는 방법으로 나눌 수 있다. 전자는 센서가 장착된 기계적인 글러브를 사용하여 관절의 움직임과 손의 위치를 정확히 알아낼 수 있으나 항상 번거로운 장치를 착용해야 하므로 불편하고 자연스럽지 못하다. 후자는 한 대 이상의 카메라 영상으로부터 컴퓨터 비전 기법을 사용하여 손 제스처를 인식하는 방법으로 편하고 자연스러운 상호작용을 할 수 있다. 그러나 복잡한 영상에서 손 영역만을 추출하여 손의 움직임을 분석하거나 손의 자세를 인식하기가 어려우므로 손에 특정한 색의 표식(marker)을 붙이거나 장갑을 사용하기도 하며 배경을 제한하여 사용한다.

본 논문에서는 컴퓨터 비전 기법을 기반으로 하면서도 배경에 대한 제약이나 표식을 사용하지 않고 손 제스처를

* 이 논문은 2001년도 상지대학교 교내 연구비 지원에 의한 것임.

† 통신회원 : 상지대학교 컴퓨터정보공학부 교수

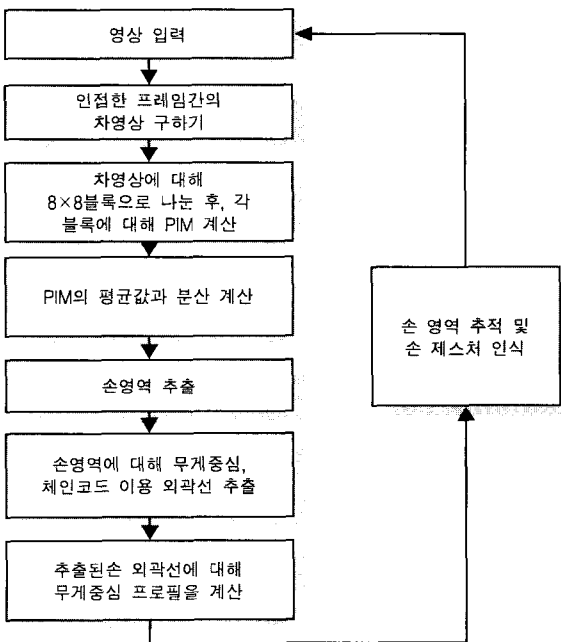
논문접수 : 2003년 5월 22일, 심사완료 : 2003년 8월 8일

인식하고자 한다. 제안한 방법은 인접한 프레임간의 차 영상에 대하여 엔트로피를 측정하여 복잡한 배경 영상으로부터 손 영역을 분리하는 방법을 제안하고 개선된 무게중심 프로필 방법을 사용하여 손 제스처를 인식한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 카메라로부터 연속적으로 입력되는 컬러 영상에서 엔트로피 분석을 기반으로 움직임 검출과 손 영역을 추출하는 방법에 대해 설명하고, 3장에서는 추출된 손 영역을 이용해 제스처를 인식하는 방법에 대해 기술한다. 4장에서는 제안한 손 제스처 인식방법에 대한 실험 및 결과를 보이고 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

2. 움직임 검출과 손 영역 추출

본 논문에서 제안한 손 제스처 인식을 위한 블록도는 (그림 1)과 같다. 손에 의해 행해지는 제스처를 인식하기 위해서 먼저 수행이 되어져야 할 것은 인식의 대상이 되는 손 영역을 배경으로부터 분리하고 추적하는 것이다.



(그림 1) 제안한 손 제스처 인식 방법의 블록도

손 영역을 검출하는 방법은 크게 다음의 네 가지 방법들로 대별된다. 첫 번째 방법은 칼라영상을 이용하는 방법인데[8-9], HSI, YIQ, 정규화된 RGB 칼라 모델 등을 이용하여 살색과 유사한 색을 영상에서 찾아 손 영역을 추출하게 된다. 그러나 이방법은 보통의 그레이 영상보다 3배 이상의 데이터가 사용되어 처리량이 많아지게 된다. 두 번째 방법은 광류(optical flow)나[10], 차 영상[11]과 같은 프레임간의 차이를 이용하는 방법이다. 그레이 영상만을 이용하므로 처리해야 하는 데이터양이 적으나 움직임이 없는 경우 손 영역을 검출하기 어려운 단점이 있다. 세 번째 방법은 모델링을 이용하는 방법[12]이다. 그레이 영상만으로 충분하고 손

영역의 움직임이 없어도 손 영역을 검출할 수 있으나 손 모양에 따라 여러 가지 모델이 필요하며 처리 시간이 길다는 단점이 있다. 마지막으로 위의 세가지 방법을 복합적으로 사용하는 방법으로 컬러 정보와 동영상을 복합해서 사용하는 경우 등이 있다[13-14].

본 논문에서 제안한 방법은 복잡한 배경을 가진 영상으로부터 엔트로피를 이용하여 움직임 영역을 추출하고 이 움직임 영역 중 피부색에 해당하는 컬러 모델 기반의 컬러 정보를 이용하여 피부색에 해당하는 손 영역을 추출한다.

실시간으로 입력되는 시간적으로 연속적인 영상들간에 차 영상을 구하여 이 차영상을 8x8의 작은 블록으로 분할한 후 각 블록에 대해 엔트로피를 측정하여 큰 값을 갖는 영역에 대해 피부색에 가까운 분포를 갖는 색깔 정보를 추출하여 배경 영상으로부터 손 영역만을 추출한다. 엔트로피는 움직임 정보뿐만 아니라 엔트로피가 큰 영역에 대해 색깔 정보도 동시에 제공하므로 배경 영상으로부터 적응적으로 조명의 변화나 개인의 차이가 있음에도 안정적으로 손 영역을 추출하는데 사용될 수 있다. 추출된 손 영역에 대해 체인코드를 이용하여 외곽선을 검출하였으며, 개선된 무게중심 프로필(centroidal profile) 방법을 제시하여 손의 제스처를 인식한다.

2.1 PIM에 기초한 움직임 검출

본 논문에서는 영상 데이터의 특징을 얻기 위해서 화소간의 엔트로피를 이용하고, 영상에서 엔트로피를 정량화하기 위해 Chang이 제안한 PIM(Picture Information Measure)[15]을 도입하여 손 부위를 검출한다. PIM을 수식으로 표현하면 다음 식 (1)과 같다.

$$PIM = \sum_{i=0}^{L-1} h(i) - Max_j h(i) \tag{1}$$

여기서 $h(i)$ 는 각 영상 또는 해당 블록의 히스토그램(histogram)을 의미한다. L 은 그레이 레벨을 의미하며 본 논문에서는 256레벨을 사용하였다. $Max_j h(i)$ 은 가장 큰 히스토그램 값이며 j 는 그때의 값을 나타낸다. PIM값은 해당 블록의 전체 화소수와 히스토그램 중 가장 큰 도수의 히스토그램 값과의 차이로 계산된다.

블록 내의 화소 값들이 모두 같은 경우, 즉 블록의 엔트로피가 '0'인 경우에는 식 (2)와 같이 되어 PIM = 0의 최소 값을 갖는다.

$$\sum_{i=0}^{L-1} h(i) = Max_j h(i) \tag{2}$$

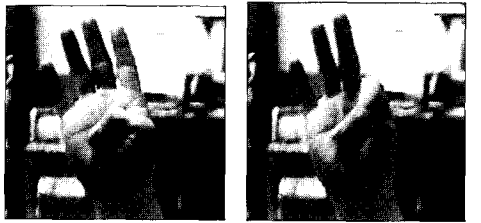
또한 블록 내에서 화소의 각 레벨 값들이 균일하게 분포하는 경우 즉, 엔트로피가 큰 경우에는 $Max_j h(i)$ 가 작은 값을 갖기 때문에 큰 PIM값을 갖게 된다. 즉, PIM은 해당 블록이 많은 정보를 갖는 경우에는 큰 값을 얻을 수 있고, 적은 정보량을 갖는 경우에는 작은 값을 얻을 수 있다. 또한 정규화 PIM(Normalized PIM)은 식 (3)과 같이 정의되고 $PIIM_k$, $NPIM_k$ 는 각각 식 (4), 식 (5)와 같이 정의된다.

$$NPIM = 1 - \text{Max}[P(h(i))] \quad (3)$$

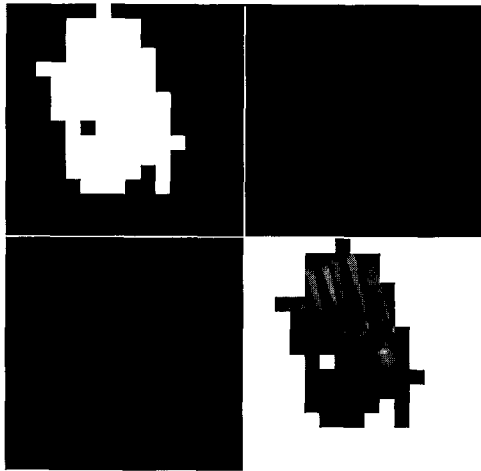
$$PIM_k = \sum_{i=0}^{L-1} h(i) - \sum_{i=0}^k h(i) \quad (4)$$

$$NPIM_k = 1 - \sum_{i=0}^k P(i) \quad (5)$$

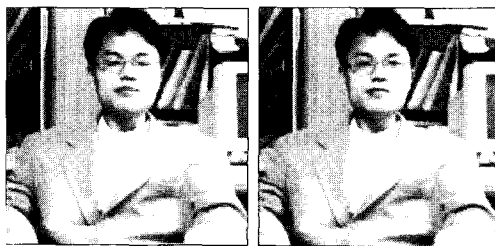
여기서 P 는 확률 값을 나타내며 식 (4)와 식 (5)에서 k 는 영상을 8×8 크기로 나누었을 때 k 번째 블록 순서를 의미한다.



(a) Frame 1 (b) Frame 2



(그림 2) PIM을 이용한 손영역 추출



(a) 시간 t에서의 frame (b) t + Δt에서의 frame



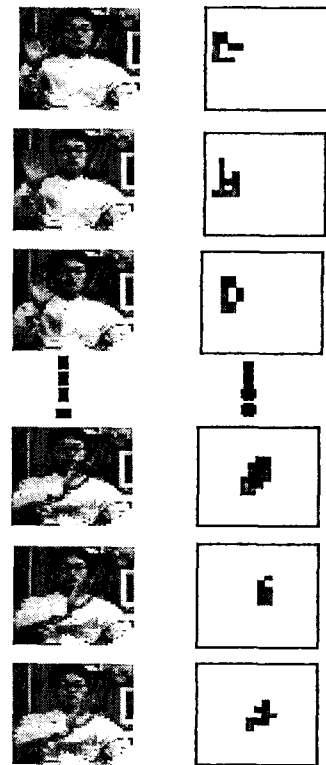
(c) (a), (b) 두 frame 간의 차영상 (d) 결과

(그림 3) 노이즈에 강함을 보여주는 예

(그림 2)는 복잡한 배경영상 내에 손 영역이 존재하는 두 영상에 대하여 차영상을 구하고 이 차영상에 PIM을 적용하여 손 영역만을 분리(segmentation)한 결과를 보여준다.

(그림 3)은 움직임이 작은 연속된 두 프레임간의 차에 대해 제안한 알고리즘을 적용한 예이다. (그림 3)(d)에서 보면 (그림 3)(c) 차영상에 대해 어떠한 움직임도 검출되지 않아 제안한 알고리즘이 노이즈에 강함을 알 수 있다.

(그림 4)(a)는 각 시간별로 입력되는 연속적인 입력 영상을 나타내며 (그림 4)(b)는 입력된 영상에 대해 엔트로피 분석을 통한 손 영역 추적의 결과를 보여준다.



(그림 4) 엔트로피 분석을 통한 손 영역 추적의 결과

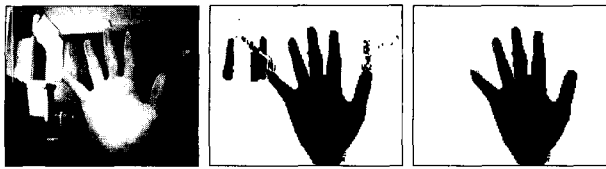
2.2 손 영역 추출

엔트로피는 움직임 정보뿐만 아니라 엔트로피가 큰 영역에 대해 색깔 정보도 동시에 제공한다. 따라서 엔트로피를 측정하여 큰 값을 갖는 영역에 대해 피부색에 가까운 분포를 갖는 색깔 정보를 추출하여 배경 영상으로부터 손 영역만을 추출하였다. 엔트로피는 배경 영상으로부터 적응적으로 손 영역에 대한 색깔 정보를 제공해 주므로 조명의 변화나 개인의 차이가 있음에도 안정적으로 손 영역을 추출하는데 사용될 수 있다.

살색에 대한 정보를 이용하기 위해 YIQ, 정규화된 RGB, HSI 칼라 모델 등 다양한 칼라 모델이 사용되고 있다. 본 논문에서는 영상처리 알고리즘을 개발하는데 유용한 HSI 칼라 모델을 사용한다.

PIM을 이용하여 PIM 값이 큰 영역에 대해 색상(hue) 값을

적응적으로 정하여 좀 더 정교한 손 영역을 추출할 수 있다.
 (그림 5)는 PIM을 이용한 엔트로피를 분석하여 적응적으로 색상 값을 변화시켜 손 영역을 추출한 결과를 보여주고 있다.

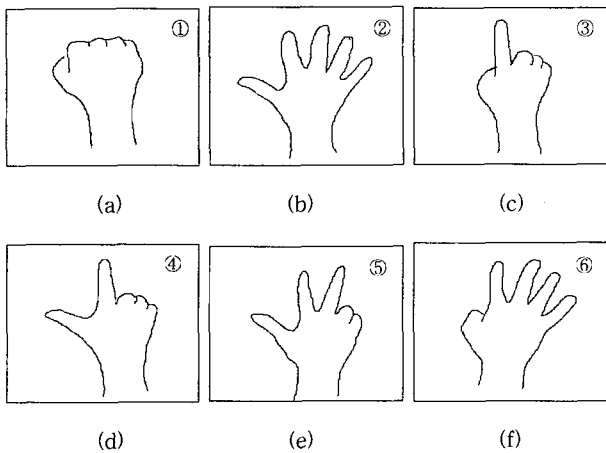


(a) 입력 영상 (b) 미리 정해 놓은 색상 이용시 (c) PIM을 이용한 적응적 색상 적용시

(그림 5) 엔트로피 분석을 통한 손 영역 추출의 예

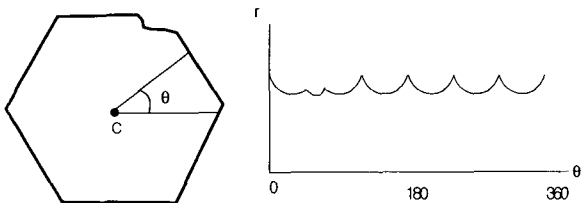
3. 검출된 손 영역에 대한 인식 알고리즘

추출된 손 영역에 대해 체인코드를 이용하여 외곽선을 검출하였으며 개선된 무게중심 프로필(centroidal profile) 방법을 제시하여 손의 제스처를 인식하였다. 서로 다른 6가지 모양의 손 제스처를 대상으로 인식을 수행하였으며 모양은 (그림 6)과 같다.



(그림 6) 6가지의 손 모양

3.1 무게중심 프로필(centroidal profile)



(a) 한 코너가 손상된 육각형 모양 (b) 무게중심 프로필

(그림 7) 물체 인식을 위한 무게중심 프로필

무게중심 프로필[15]은 검출된 물체 영역에 대해 물체의

외곽을 각도로 표현함으로써 물체의 형태를 판단하는데 사용된다. 대부분 이러한 형태의 알고리즘은 물체의 무게중심을 구하여 무게중심으로부터 각도에 따른 거리(r) 값으로 표시한다. (그림 7)은 물체 인식을 위한 무게중심 프로필을 보여준다.

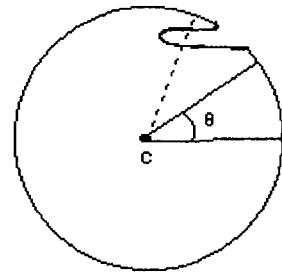
물체의 무게중심 프로필을 구한 후 이상적인 물체에 대한 프로필과 비교하여 물체의 형태를 파악한다.

3.2 수정된 무게중심 프로필

물체의 외곽선이 (그림 8)과 같은 경우 한 각도에 대해 여러 값을 가지므로 정합시 문제가 된다. 이러한 문제를 해결하기 위한 방법으로 주어진 각도(θ)에 대해 무게중심으로부터 제일 가까운 값을 취한다. 그러나 손의 경우는 이러한 형태로 표현이 불가능 하다. 따라서 체인코드로 윤곽선을 검출하고 체인코드에 준하여 거리를 표현한다. 즉 각도에 대한 것이 아니고 체인코드에 있는 모든 화소들을 대상으로 한 무게중심 프로필을 제안한다.

체인코드는 미리 정한 길이와 방향을 가지는 직선 선분들의 연결된 열로서 경계를 표현하는데 사용하며 대상 물체의 경계점(edge)를 따라서 이동하면서 물체의 둘레를 구하는데 사용된다. 본 논문에서는 8 방향 체인코드를 사용하였다.

윤곽선 위에 존재하는 모든 점들 (x_i, y_i) 에 대해 무게중심 (\bar{x}, \bar{y}) 으로부터 거리(r)를 구한다. 거리는 식 (6)을 사용하여 구한다. 무게중심 (\bar{x}, \bar{y}) 는 이진 영상에서 각 화소에 대한 밝기 값(intensity)을 그 점에 대한 무게로 간주하면 면적의 중심은 무게중심과 같게 된다. 무게중심은 식 (7)에 의해 구해진다.



(그림 8) 무게중심 프로필이 다중값을 갖는 경우

$$r = \sqrt{(x_i - \bar{x})^2 + (y_i - \bar{y})^2} \quad (6)$$

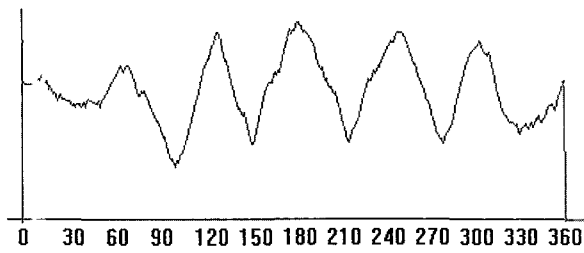
$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M j I(i, j)}{A} \quad \bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M i I(i, j)}{A} \quad (7)$$

여기서 $I(i, j)$ 는 화소의 밝기값을 의미한다. A 는 영상에서 물체의 전체 화소수를 뜻하며 식 (8)과 같이 표현된다.

$$A = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M I(i, j) \quad (8)$$

(그림 6)(c)의 손 모양에 대해 무게중심 프로필을 구해 보

면 (그림 9)와 같다.

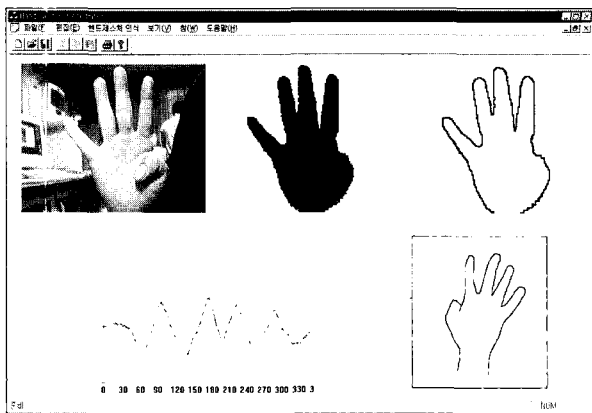


(그림 9) (그림 6)(c)의 무게중심 프로파일

4. 실험 및 결과

본 논문에서의 실험은 PC 상에서 C/C++ 언어를 이용하여 구현하였다. 영상 입력 장치로는 저가형의 USB 컬러 카메라를 사용하였으며 영상의 크기는 320×240이다.

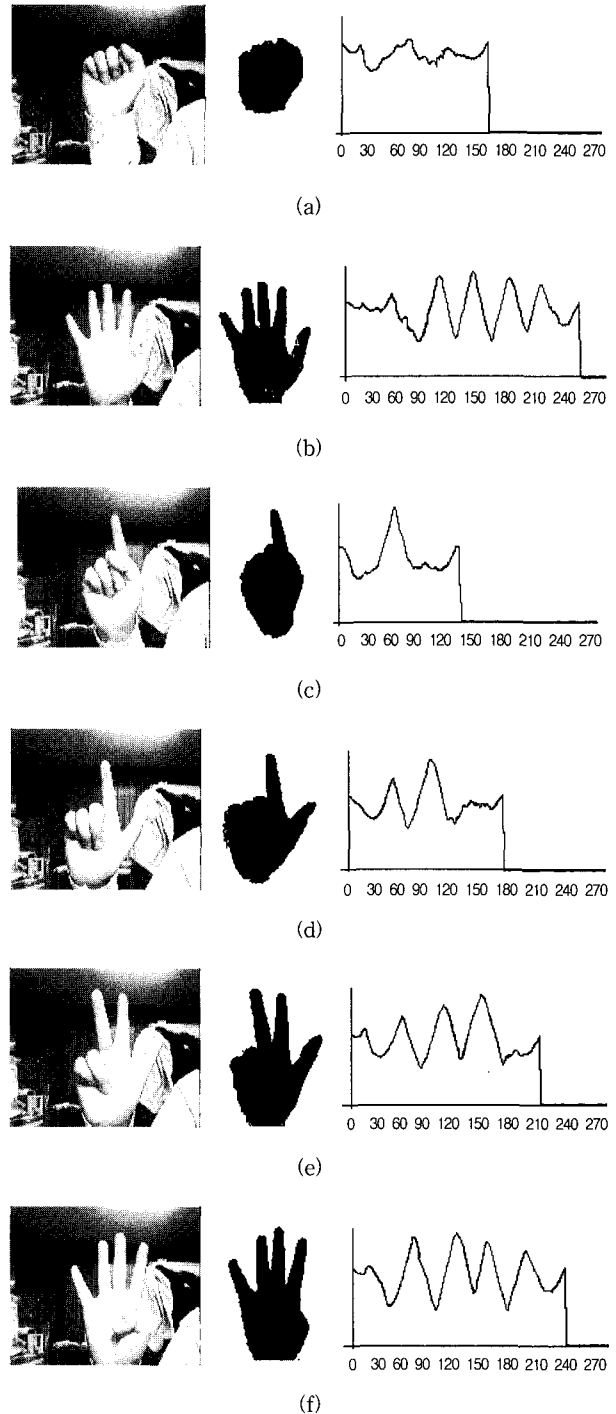
(그림 10)은 PC 상에서 구현한 제스처 인식 시스템의 화면이다. 연속적으로 입력되는 영상으로부터 엔트로피를 분석하여 손 영역을 검출하고 이 검출된 영역에 대해 체인코드를 적용하여 외각선을 검출하고 외각선을 기반으로 무게중심 프로파일을 적용하여 손 제스처를 인식하는 것을 보여주고 있다.



(그림 10) 제스처 인식 시스템

6가지의 손 모양 각각에 대해 제안한 방법을 적용하여 손 영역 추출 및 무게 중심 프로파일 구한 결과는 (그림 11)과 같다. (그림 11)의 결과로부터 무게중심 프로파일의 최대값 분포를 이용하면 쉽게 손 모양을 인식할 수 있음을 알 수 있다.

사람마다 손동작에 있어 다소간의 차이가 존재하며 피부 색도 차이가 나므로 PIM을 이용한 적응적 알고리즘의 타당성을 보이기 위해 6 사람에게 대해서 실험을 행하였다. 6가지 손 모양 각각에 대한 20개의 입력 영상을 대상으로 인식을 수행하여 그 결과를 <표 1>에 나타내었다. 번호는 (그림 6)에 있는 손 모양을 나타낸다. 비고는 오인식된 제스처의 번호를 보여준다.



(그림 11) 6가지 모양의 손 제스처에 대한 영역 추출 및 무게중심 프로파일

본 논문에서 제시한 방법은 배경에 대한 특별한 제한없이 손 제스처를 인식할 수 있으며 손 제스처의 방향과 무관하게 잘 인식됨을 확인할 수 있다.

오인식은 <표 1>에서 알 수 있듯이 주로 인접한 손 모양에 의해 발생하게 된다. 이는 인접한 손가락 사이의 잠음 발생으로 인해 정확하게 손 영역을 검출하지 못한 데 기인한다. 제안한 방법에 의한 손 제스처 인식은 펜티엄 PC 상

에서 초당 15프레임의 속도로 인식을 행할 수 있다.

〈표 1〉 제안한 알고리즘을 이용한 손 제스처의 인식률

자세 실험자	①	②	③	④	⑤	⑥	전 체
가	20/20 (100%)	19/20 (95%)	20/20 (100%)	18/20 (90%)	19/20 (95%)	20/20 (100%)	116/120 (97%)
나	20/20 (100%)	20/20 (100%)	20/20 (100%)	19/20 (95%)	20/20 (100%)	19/20 (95%)	118/120 (98%)
다	20/20 (100%)	18/20 (90%)	20/20 (100%)	19/20 (95%)	19/20 (95%)	18/20 (90%)	114/120 (95%)
라	20/20 (100%)	20/20 (100%)	20/20 (100%)	18/20 (90%)	19/20 (95%)	19/20 (95%)	116/120 (97%)
마	20/20 (100%)	18/20 (90%)	20/20 (100%)	19/20 (95%)	20/20 (100%)	19/20 (95%)	116/120 (97%)
바	20/20 (100%)	19/20 (95%)	20/20 (100%)	20/20 (95%)	20/20 (100%)	20/20 (100%)	119/120 (99%)
비 고	·	⑥으로 오인식	·	③, ⑤로 오인식	④, ⑥으로 오인식	⑤로 오인식	·

5. 결 론

본 논문에서는 복잡한 영상에서 추출해낸 손 영역으로부터 손 제스처를 인식하는 새로운 방법을 제안하였다. 제안한 방법은 카메라로 입력되는 영상의 엔트로피 분석을 통하여 자연스러운 형태로 인식을 수행 하였다. 기존의 방법들과는 달리 배경의 제약이나 표식을 사용하지 않고 복잡한 배경에서 손 영역만을 추출해 손 제스처의 인식에 사용하였다.

체인코드와 개선한 무게중심 프로필을 이용하여 6가지 모양의 손 제스처에 실험을 행하였다. 인식결과 초당 15프레임 정도의 속도로 각 사람별로 95% 이상의 인식률을 얻었으며 제스처별로는 90~100%의 인식률을 얻었다.

또한 기본적인 6가지 손 제스처뿐만 아니라 더 많은 제스처를 추가할 수 있는 충분한 확장성을 가지고 있어 수화나 가상현실 환경을 위한 제스처 인식에도 적용이 가능할 것으로 예상된다.

참 고 문 헌

[1] V. I. Pavlovic, R. Sharma and T. S. Huang, "Visual Interpretation of Hand Gestures for Human-Computer Interaction : A Review," IEEE Trans. PAMI., Vol.19, No.7, 1997.
 [2] T. S. Huang and V. I. Pavlovic, "Hand Gesture Modeling, Analysis and Synthesis," Proc. Int'l Workshop on Automatic Face and Gesture Recognition, pp.73-79, 1995.
 [3] F. K. H. Quek, "Toward a vision-based hand gesture interface," Proc. of the Virtual Reality System Technology Conf., pp.17-29, 1994.
 [4] F. K. H. Quek, T. Mysliwiec and M. Zhao, "Finger Mouse : A Free Hand Pointing Interface," Proc, Int'l Workshop on

Automatic Face and Gesture Recognition, pp.372-377, 1995.
 [5] W. T. Freeman and C. D. Weissman, "Television control by hand gestures," Proc. Int'l Workshop on Automatic Face and Gesture Recognition, pp.179-183, 1995.
 [6] R. Kjeldsen and J. Kender, "Visual Hand Gesture Recognition for Window System Control," Proc Int'l Workshop on Automatic Face and Gesture Recognition, pp.184-188, 1995.
 [7] J. A. Adam, "Virtual Reality," IEEE Spectrum, Vol.30, No. 10, pp.22-29, 1993.
 [8] 윤호섭, 소 정, 배창석, 전병태, 민병우, "손동작 제스처 인식을 이용한 윈도우 관리기 제어", 제 9회 영상처리 및 이해에 관한 워크샵 발표논문집, pp.264-269, 1997.
 [9] 이현규, 김호연, 김진영, "은닉 마르코프 모델을 이용한 연속 제스처 spotting", 제 9회 영상처리 및 이해에 관한 워크샵 발표논문집, pp.114-119, 1997.
 [10] 송효섭, 양운모, "Optical Flow를 이용한 손의 움직임 꺾 영역 검출", 한국정보과학회 '98 봄학술발표논문집(B), pp.642-644, 1998.
 [11] 이형지, 이우규, 정재호, "수화용 손 제스처 인식을 위한 특징 벡터 추출", 제 11회 신호처리합동학술대회, pp.895-898, 1998.
 [12] B. Moghaddam and A. Pentland, "Probabilistic Visual Learning for Object Detection," The 5th International Conference on Computer Vision, 1995.
 [13] 조오용, 김형곤, 고성제, 안상철, "인터랙티브 가상환경을 위한 손 제스처 인식 시스템," 대한전자공학회 36-s(4), pp.70-82, 1999.
 [14] K. Imagawa, S. Lu and S. Igi, "Color-Based Hands Tracking System for Sign Language Recognition," in Proc. of IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, Killington, pp.151-156, 1996.
 [15] Shi-Kuo Chang, *Principles of Pictorial Information Systems Design*, Prentice-Hall, 1989.
 [16] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, *Digital Image Processing 2nd Edition*, Prentice-Hall, pp.295-302, 2002.
 [17] Milan sonka, Vaclav Hlavac, Roger Boyle, *Image Processing, Analysis, and Machine Vision*, 2nd Edition, PTP, pp.236-238, 1999.
 [18] E. R. Davies, *Machine Vision : Theory, Algorithms, Practicalities 2nd Edition*, Academic Press, pp.186-191, 1997.

한 영 환



e-mail : yhhan@mail.sangji.ac.kr
 1989년 인하대학원 전자공학과(학사)
 1991년 인하대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
 1995년 인하대학교 대학원 전자공학과(공학박사)

1996년~현재 상지대학교 컴퓨터정보공학부 부교수
 관심분야 : 영상처리, 패턴인식, 마이크업 응용 시스템