

모바일 카메라 기기를 이용한 손 제스처 인터페이스

(Hand Gesture Interface Using
Mobile Camera Devices)

이 찬 수 ^{*} 천 성 용 ^{**}
(Chan-Su Lee) (Sung Yong Chun)

손 명 규 ^{***} 이 상 현 ^{***}
(MyoungGyu Sohn) (Sang-Heon Lee)

요약 본 논문에서는 스마트 폰, PDA와 같은 모바일 장치에 있는 카메라 기기를 이용한 손동작 제스처 인터페이스를 위한 손 움직임 추적 방법을 제안하고 이를 바탕으로 한 손 제스처 인식 시스템을 개발한다. 사용자의 손동작에 따라 카메라가 움직이므로써, 전역 optical flow가 발생하며, 이에 대한 상세한 방향 성분에 대한 움직임만 고려함으로써, 노이즈에 강인한 손움직임 추정이 가능하다. 또한 추정된 손 움직임을 바탕으로 속도 및 가속도 성분을 계산하여 동작위상을 구분하고, 동작상태를 인식하여 연속적인 제스처를 개별제스처로 구분한다. 제스처 인식을 위하여, 움직임 상태에서의 특징들을 추출하여, 동작이 끝나는 시점에서 특징들에 대한 분석을 통하여 동작을 인식한다. 추출된 특징점을 바탕으로 제스처를 인식하기 위하여 SVM(Support vector machine), k-NN(k-nearest neighborhood classifier), 베이시안 인식기를 사용했으며, 14개 제스처에 대한 인식률은 82%에 이른다.

키워드 : 손제스처 인식, 동작 추정, 제스처 인터페이스, optical flow, 모바일 장치

* 이 논문은 제36회 추계학술발표회에서 '모바일 카메라 기기를 이용한 손 제스처 인터페이스'의 제목으로 발표된 논문을 확장한 것이다

^{*} 정 회 원 : 영남대학교 전자공학과 교수
chansu@ynu.ac.kr

^{**} 비 회 원 : 영남대학교 전자공학과
whiteyongi@ynu.ac.kr

^{***} 비 회 원 : 대구경북과학기술원 미래산업융합기술연구부
smk@dgist.ac.kr
pobylee@dgist.ac.kr

논문접수 : 2009년 12월 24일
심사완료 : 2010년 2월 22일

Copyright©2010 한국정보과학회 : 개인 목적이나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.

정보과학회논문지: 컴퓨터의 실제 및 래터 제16권 제5호(2010.5)

Abstract This paper presents a hand motion tracking method for hand gesture interface using a camera in mobile devices such as a smart phone and PDA. When a camera moves according to the hand gesture of the user, global optical flows are generated. Therefore, robust hand movement estimation is possible by considering dominant optical flow based on histogram analysis of the motion direction. A continuous hand gesture is segmented into unit gestures by motion state estimation using motion phase, which is determined by velocity and acceleration of the estimated hand motion. Feature vectors are extracted during movement states and hand gestures are recognized at the end state of each gesture. Support vector machine (SVM), k-nearest neighborhood classifier, and normal Bayes classifier are used for classification. SVM shows 82% recognition rate for 14 hand gestures.

Key words : Hand gesture recognition, motion estimation, gesture interface, optical flow, mobile device

1. 서론

카메라의 시스템의 가격은 싸지고 크기는 휴대가 가능한 정도로 작아졌다. 따라서 많은 모바일 폰들과 PDA에 카메라가 장착되었으며 모바일 기기들의 연산 처리량도 빠르게 증가하고 있다. 따라서, 모바일 장치에 부착된 카메라를 이용한 다양한 연구들이 진행되고 있다[1,2]. 본 연구에서는 손 제스처를 이용한 모바일 장치의 사용자 인터페이스를 개발하기 위하여, 모바일 기기에 부착된 카메라 움직임을 통하여 손 움직임을 추정하고 이를 바탕으로 손 제스처를 인식하는 인터페이스 시스템을 개발한다.

비전 시스템을 이용한 사람 움직임 인식에 대한 많은 연구가 진행되고 있다[3]. 특히 비전 시스템을 이용하여 자연스러운 제스처를 기반으로 한 인터페이스 시스템에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[4-9]. 하지만 대부분의 동작 인식 시스템들이 변하지 않는 배경에서 고정된 카메라에 기반을 두고 있다. 모바일 기기의 카메라는 고정되어 있지 않으며, 사용자에게 의해 다양하게 움직이고 배경도 시간에 따라 다양하게 변화된다. 따라서 모바일 카메라를 위한 제스처 인터페이스는 실시간으로 모바일 카메라로부터 데이터를 획득하고 처리해야 할 뿐만 아니라, 복잡한 배경과 모양 또는 물체에 제약 없이 노이즈에 강인하게 손 움직임을 판단하고 추적해야 한다. 더불어 연속된 제스처를 개별 제스처로 분할하며, 의도적인 제스처인지 아닌지를 판단하는 것이 필요하여 의도적이지 않은 움직임에 의한 오동작을 줄이는 것이 필요하다.

본 연구에서는 실시간으로 카메라의 움직임으로부터 손의 움직임을 추정할 수 있어 연속된 손동작으로부터

개별적인 동작으로 분할하고 인식하는 제스처 인터페이스를 개발하였다. 카메라의 움직임으로부터 손의 동작을 추정하기 위하여 전역 optical flow로부터 방향 성분에 대한 히스토그램 분석을 통하여 우세한 방향성분을 판단한다. 우세한 방향 성분에 대한 평균 optical flow를 이용함으로써, 노이즈에 보다 강한 동작 추정이 가능하다. 추정된 손 제스처의 움직임으로부터 동작위상(motion phase)을 속도 및 가속도 성분을 이용하여 구분한다. 주어진 동작 위상으로부터 동작상태(motion state)를 상태 오토마타를 이용하여 인식함으로써, 의미적인 제스처, 의미없는 제스처, 모바일 장치를 떨어뜨리는 것과 같은 비제스처를 구분한다. 손 제스처의 움직임 상태에서 제스처 인식을 위한 특징들을 추출하여, 동작 끝 상태에 도달하면, 추출된 특징값을 바탕으로 제스처를 인식한다. 제스처 인식을 위하여 Support Vector Machine(SVM), k-Nearest Neighborhood classifier(kNN) 그리고 normal Bayes classifier를 사용하였으며, 최고 성능은 14개의 손제스처에 대하여 SVM을 이용했을 때, 82%의 인식률을 얻었다.

본 논문은 총 5장으로 구성되어 있다. 2장에서는 모바일 장치를 이용한 인터페이스에 대한 관련 연구를 살펴보고 3장에서는 카메라 움직임을 바탕으로 한 손제스처 추정 방법을 제시한다. 또한 손 제스처 구분을 다루고, 제스처를 인식하는 방법에 대하여 기술한다. 4장에서는 제안한 방법에 대한 실험 결과를 기술하고, 5장에서는 결론을 맺고 향후 연구 방향에 대하여 논의한다.

2. 관련 연구

모바일 장치의 카메라를 이용한 사용자 인터페이스에 대한 연구가 최근에 활발히 진행되고 있다[4-8]. 카메라 기반으로 동작을 추정하는 방법은 크게 2가지로 나누어 볼 수 있다. 첫 번째 방법은 마크나 비주얼 코드를 사용하는 경우로, 보다 정밀한 추정을 응용하는 증가현실이나 가상현실 응용에 사용되었다[4,5]. 또 다른 방법은 특징점 검출과 추적을 통한 카메라 모션 검출이다[6-8].

특징점 추적을 통한 방법에서는 전체 영역에 대한 특징점의 optical flow를 이용하거나[6], 분할된 블록이 사용되었다[7]. 또한 템플릿 매칭이 움직임을 추정하는데 추가적으로 사용되었다[8]. 특징점 추출을 기반으로 한 방법의 경우 outlier가 실제 제스처 움직임을 추정하는데 많은 오차를 일으키며, 이를 제거하는 방법으로 보팅(voting)을 기반으로 한 방법[6]이나 RANSAC을 기반으로 한 outlier 분석이 사용되었다[7]. 또한 논문[7]에서는 Hidden Markov Models(HMMs)에 기반으로 단순한 방향 이상의 지정된 제스처 인식을 이용한 인터페이스 시스템을 구현하였다. 분할된 블록들은 차의 제곱

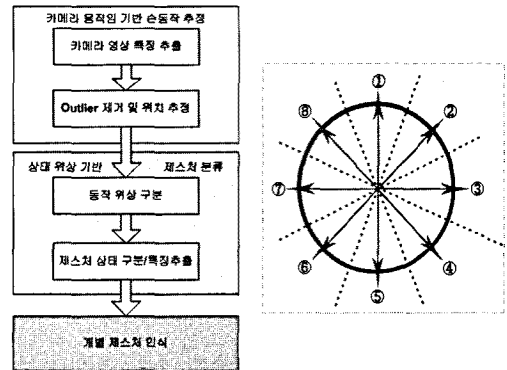
합(SSD: Sum of Squared Difference)을 바탕으로 최적의 블록 매칭을 구하여 판단하였다. 본 연구에서는 특징점에 대한 전체 영역에 대한 optical flow를 이용하여 outlier 제거를 위한 새로운 방법을 제시하며, 이를 이용한 연속된 제스처에 대한 인식 시스템을 제안한다.

3. 손 움직임 추적 및 제스처 인식

3.1 제스처 인식 시스템 구성

제안한 제스처 인터페이스 시스템은 그림 1(a)와 같이 카메라 움직임 추적, 제스처 상태 구분, 그리고 제스처 인식의 세 부분으로 나누어져 있다. 카메라 움직임 기반 손동작 추정 단계에서는 모바일 카메라로부터 시간 t 에 캡처된 이미지 $I(t)$ 와 이전 이미지인 $I(t-1)$ 을 사용하여 손 움직임 $\Delta V_x(t)$, $\Delta V_y(t)$ 를 계산하고, 이를 이용하여 손 위치의 변화에 의한 누적 값에 의하여 현재 손 위치 $R_x(t)$, $R_y(t)$ 를 계산하게 된다.

$$\begin{aligned} R_x(t) &= R_x(t-1) + \Delta V_x(t-1) \\ R_y(t) &= R_y(t-1) + \Delta V_y(t-1) \end{aligned} \quad (1)$$



(a) 시스템 구성도 (b) 제스처 기본 방향 성분

그림 1 제스처 인식 시스템 구성 및 제스처 기본 방향 성분

제스처 상태 구분단계에서는 손 운동의 속도와 가속도를 바탕으로 판단된 동작 위상(motion phase)과 상태머신(State machine)에 의하여 손동작 상태를 판단한다. 또한 연속된 제스처로부터 단위 제스처를 구분하는 역할을 수행하며, 새로운 제스처가 들어올 때마다 제스처 추적 및 특징 추출을 초기화한다. 제스처 인식 단계에서는 연속된 제스처로부터 구분된 단위 제스처에 대하여 제스처 인식을 위하여 추출된 특징을 바탕으로, 의미있는 제스처의 동작 끝 상태에서 인식을 수행한다.

3.2 Global optical flow를 기반으로 한 움직임 검출

이웃한 영상 사이에서 카메라 움직임을 추정하기 위해서 특징점들을 선택하고, 선택된 특징점들의 매칭을

통하여 카메라의 움직임 추정할 수 있다. 추적에 효과적인 특징점들은 밝기 변화가 급격히 일어나는 점들로 [10], n 개의 특징점들에 대하여 최소 유클리드 거리를 바탕으로 이동한 특징점들을 매칭을 찾음으로 두 개의 이웃한 이미지 $I(t)$ 와 $I(t-1)$ 에 대한 optical flow[11]를 계산하게 된다. 원래 Lucas-Kanade 알고리즘[11]은 주어진 윈도우 영역에 대하여 특징점들의 이동을 검출하게 되며, 따라서 큰 움직임이 있을 경우에는 적절한 매칭을 찾지 못할 수가 있다. 이미지 피라미드(Pyramids)를 적용함으로써 큰 움직임에도 불구하고 특징들은 검출할 수 있도록 하였다.

추출한 이미지 공간에서의 각 점에 대하여, 각각의 좌표에서 Optical flow의 평균 움직임을 바탕으로 2차원 카메라 운동을 아래와 같이 추정할 수 있다.

$$\Delta V_x(t) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta V_{ix}(t) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \rho_i(t) \cos(\theta_i(t)) \quad (2)$$

$$\Delta V_y(t) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta V_{iy}(t) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \rho_i(t) \sin(\theta_i(t))$$

여기서 $\Delta V_{ix}(t)$, $\Delta V_{iy}(t)$ 는 시간 t 에서 특징점 i 의 x 좌표와 y 좌표의 이동성분이다. 그리고 $\rho_i(t)$, $\theta_i(t)$ 는 특징점 i 에 대한 극좌표계상의 이동거리와 이동 방향 값이다. $\rho_i(t)$, $\theta_i(t)$ 는 이미지 좌표에서 주어진 대응되는 두 점으로부터 계산 될 수 있다.

$$P_i(t) = (x_i(t), y_i(t)), P_i(t-1) = (x_i(t-1), y_i(t-1)) \quad (3)$$

$$\theta_i(t) = \tan^{-1} \frac{y_i(t) - y_i(t-1)}{x_i(t) - x_i(t-1)} \quad (4)$$

$$\rho_i(t) = \sqrt{(x_i(t) - x_i(t-1))^2 + (y_i(t) - y_i(t-1))^2} \quad (5)$$

그림 2는 샘플 영상에서 두 쌍의 연속된 이미지와 그들의 Pyramid Lucas-Kanade optical flow에 의한 특징점들의 매칭 결과를 보여준다. 그림 2(c)(f)에서 추정된 optical flow는 실제 손움직임에 해당하는 지배적인 방향으로의 흐름 뿐 아니라, 많은 잘못된 방향의 예측 성분들이 있으며, 이러한 오류들은 특히 빠른 동작으로

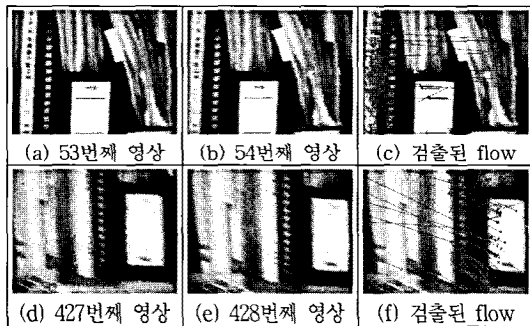


그림 2 인접한 이미지에서 Pyramid Lucas-Kanade optical flow에 의한 이동 검출

인하여 획득된 영상에 블러(blur)가 있을 경우에 더욱 심하게 일어난다.

3.3 운동 방향 검출 및 잡음/outlier 제거

Optical flow를 바탕으로 카메라의 운동을 추정하려고 할 때, 인접한 이미지 사이에 특징점들의 잘못된 매칭으로 인하여 여러 가지 오류가 발생한다. 특히 잘못된 방향으로의 매칭값은 전체 움직임을 계산하는데 있어서 실제 움직임을 상쇄시켜서 문제의 심각성이 크다. 따라서 본 연구에서는 이러한 문제점들을 해결하기 위하여 카메라 운동의 주방향 성분을 찾아내고, 이를 바탕으로 잡음이나 outlier를 제거하고자 한다.

카메라(또는 손) 운동은 2차원 운동으로 제한되고 확대나 회전 운동은 없다고 가정할 경우에, optical flow는 한 방향의 균일한 흐름을 가진다. 따라서 이러한 균일한 운동 방향에 따른 우세한 방향 성분을 구하면 잡음 또는 outlier 성분을 쉽게 제거할 수 있다. 하지만 실제 응용에서 카메라로부터 물체까지의 거리가 다르고, 따라서 각 점에서 측정되는 이동 거리가 다르며, 방향도 균일하지 않게 된다. 그러므로 optical flow의 우세한 방향을 검출하는 것이 단순하지 않으며, 본 연구에서는 히스토그램 분석을 통하여 주 방향 성분을 찾도록 한다.

사용되는 제스처의 방향 성분 구분을 바탕으로 제스처의 주 방향 성분을 찾기 위한 경계를 정하여, 이를 바탕으로 히스토그램 분석을 위한 영역을 구분하였다. 그림 1(b)는 optical flow의 각도 θ_i 를 바탕으로, 제스처들의 기본 방향 성분(빨간색 실선 화살표) 및 이를 바탕으로 한 경계 성분(점선 화살표) 설정을 나타내고 있다. 각 영역에 대한 주 방향 성분은 각 flow 벡터로부터 수식 (2)에 의하여 구한다. 구한 방향들에 대한 구분된 영역에 대한 히스토그램 분포를 분석함으로써 주방향 성분

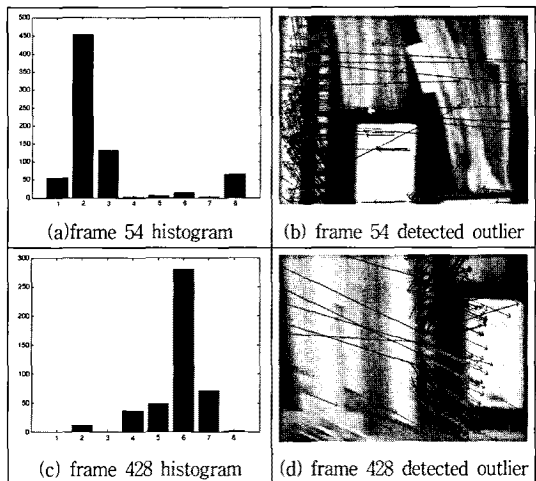
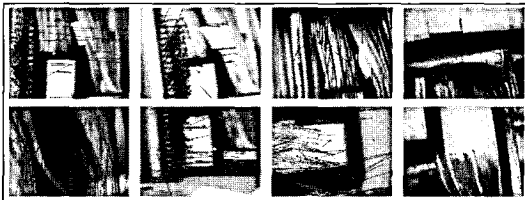


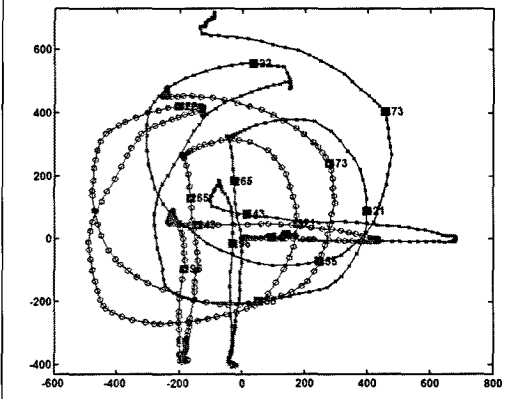
그림 3 히스토그램 분포 및 주 운동 방향

을 찾게 된다. 그림 3에서, 왼쪽에는 각 방향에 대한 히스토그램 분포를 나타내며, 오른쪽에는 이를 바탕으로 구한 우세한 방향 성분(빨간색)과 이에 일치하지 않는 outlier에 해당하는 방향 성분(파란색)을 보여준다.

우리가 잡음 또는 outlier를 제거하지 못한다면 예측되는 방향 성분은 잘못된 결과를 보여주게 되며 이러한 성분의 누적은 잘못된 손운동 추적 결과를 보이게 된다. 그림 4는 outlier 제거 전/후에 있어서 누적 추적 거리를 보여준다. 동일한 위치로 돌아왔음에도 불구하고, outlier를 제거하지 않았을 때는, 제대로 추적이 이루어지지 않음을 볼 수 있다.



(a) 샘플 영상(frame 54, 143, 196, 265, 321, 422, 455, 473)



(b) Outlier 제거 전(파란색)/ outlier 제거 후(빨간색)의 추정 경로

그림 4 카메라 움직임에 따른 누적 거리 비교

3.4 제스처 세그멘테이션

제스처를 인식하기 위해서는 연속적인 손제스처의 움직임으로부터 개별 제스처의 분리가 요구된다. 일반적으로 의도적인 제스처는 준비(preparation), 스크로크(stroke), 복귀(retraction)의 3가지 단계로 구성되어 있다[12]. 이 3가지 단계들은 동작의 속도와 가속도에 의해서 구분할 수 있다. 가령 스크로크는 강한 힘을 가하는 상태로, 특정 수준 이상의 속도와 가속도를 가진다. 의도적인 제스처들은 스크로크 상태를 가지며, 이 스크로크의 존재 여부를 바탕으로 간단하게 의도된 제스처와 의도되지 않은 제스처를 구분할 수 있다.

연속적인 제스처로부터 단위 제스처로 구분하기 위하

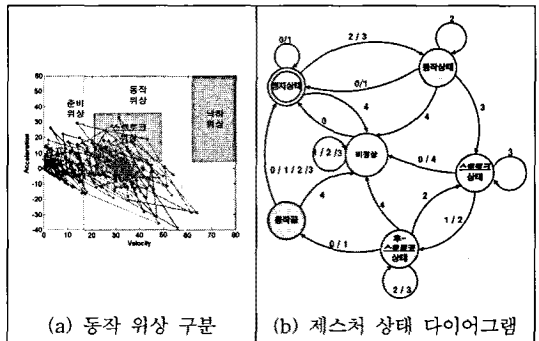
여, 동작 위상을 구분하고 동작 위상의 상태 변화를 바탕으로 의도적인 단위 제스처인지를 구분한다. 동작 위상은 속도와 가속도에 기반으로 구분할 수 있다. 본 연구에서는 스트로크 위상과 함께, 정지(stop) 위상, 준비(preparation) 위상, 동작(movement) 위상, 그리고 낙하(drop) 위상의 5가지 위상으로 분할하였다. 그림 5(a)는 식 (6)에 의해 구한 속도와 가속도 좌표공간에서 동작위상을 분할한 예를 보여준다. 이 분할된 동작 위상은 동작 상태 인식을 위한 입력으로 사용된다. 각 위상에 대한 임계값은 실험 데이터로부터 추출되었다.

$$A_x(t) = \Delta V_x(t) - \Delta V_x(t-1) \tag{6}$$

$$A_y(t) = \Delta V_y(t) - \Delta V_y(t-1)$$

$$A(t) = \sqrt{A_x(t)^2 + A_y(t)^2}$$

다음 단계에서는 동작위상을 바탕으로 상태 머신을 이용하여 손의 단순한 위치이동이나 기기를 떨어뜨림과 같은 고의가 아닌 움직임과 의도적인 제스처를 구분할 수 있도록 한다. 이 상태 머신에서 의도된 제스처는 적어도 한번은 스크로크 위상을 통과하게 된다. 동작 중에 낙하 위상을 통과하게 되면 기기가 사고에 의해 떨어졌을 때 정상인 아닌 입력 발생을 예방하기 위하여 정지 위상으로 강제로 이동시켜서 다음 단계를 기다리도록 한다. 그림 5(b)는 손 제스처 인식에서 의도적인 제스처와 의미 없는 제스처를 구별하기 위한 상태 머신의 예를 보여준다. 여기서 0, 1, 2, 3, 4는 각각 “정지 위상”, “준비 위상”, “동작 위상”, “스트로크 위상”, 그리고 “낙하 위상”을 의미한다.



(a) 동작 위상 구분 (b) 제스처 상태 다이어그램

그림 5 동작 위상 및 상태 다이어그램

3.5 손 제스처 인식을 위한 특징들

특징 기반의 손 제스처 인식을 위하여 움직임이 있는 상태(동작상태, 스트로크 상태, 스트로크 후 상태) 동안에 손동작 움직임으로부터 수화 인식 시스템[13]과 유사하게 아래와 같은 6가지 특징들을 추출하였다.

$$TL_x(t) = TL_x(t-1) + |R_x(t) - R_x(t-1)| \tag{7}$$

$$TL_y(t) = TL_y(t-1) + |R_y(t) - R_y(t-1)|$$

$$TC_{xy}(t) = TC_{xy}(t-1) + \left| \tan^{-1} \frac{R_y(t) - R_y(t-1)}{R_x(t) - R_x(t-1)} - \tan^{-1} \frac{R_y(t-1) - R_y(t-2)}{R_x(t-1) - R_x(t-2)} \right| \quad (8)$$

$$\begin{aligned} EP_x &= R_x(t) - R_x(0) \\ EP_y &= R_y(t) - R_y(0) \end{aligned} \quad (9)$$

$$EA_x = \tan^{-1} \left(\frac{R_y(t) - R_y(0)}{R_x(t) - R_x(0)} \right) \quad (10)$$

특징들은 정지 위상과 준비위상을 제외한 입력 제스처를 추적하는 동안 추출되었다. 제스처의 동작 끝 상태가 되었을 때, 추출된 특징들은 [0,1]로 정규화되어 인식기를 호출하였다.

3.6 손 제스처 인식기

우리는 손 제스처 인식을 위해 RBF 커널의 SVM, k=5인 k-nearest neighborhood(kNN) 그리고 normal Bayes classifier를 사용하였다. 각각의 분류기를 학습시키기 위해 우리는 기본 8개의 방향 운동과 시계 방향 또는 반시계 방향의 원운동, 반원 운동을 포함한 14개의 정해진 제스처에 대하여, 각 데이터에 대하여 20개의 학습 데이터를 획득하여 인식기를 학습시켰다.

4. 구현 및 실험 결과

우리는 C++를 사용하여 실시간 제스처 인터페이스 시스템을 구현하였다. 시스템은 Windows XP 환경에서 개발되었으며, 웹 카메라를 손에 들고 움직임으로 모바일 카메라에서와 동일한 형태의 영상을 획득하도록 하였다. 영상 캡처와 패턴 인식, 학습할 데이터는 OpenCV 라이브러리를 이용하여 만들었다. 수집된 학습 데이터를 가지고 인식기를 학습시킨 후에, 제스처 인식은 실시간으로 동작 끝 상태가 될 때 마다 호출되어 실행되었다. 휴대용 카메라를 대체하기 위하여 실제 실험에서는 삼성 SPC-A30M 웹 카메라를 사용하였다.

인식기의 성능을 평가하기 위해 우리는 14개의 제스처에 대하여 평균 10개의 새로운 데이터에 대하여 성능을 평가하였으며, 그 결과 SVM은 82%, kNN은 78% 그리고 normal Bayes classifier는 76%의 인식률을 보였다. 또한 손 제스처 인식 루틴을 기반으로 한 그림을 그릴 수 있는 응용프로그램을 만들어서 제스처를 기반으로 한 인터페이스로 이용하였다.

5. 결론

본 연구를 통하여 휴대 가능한 카메라 기기를 이용한 손 제스처 인터페이스를 개발하였다. 카메라를 움직임으로 발생하는 optical flow로부터 히스토그램 분석을 통하여 주방향 움직임을 찾고, 손의 움직임을 추정하여 제스처를 인식하도록 하였다. 제스처 인식을 위하여 동작 위상과 동작 상태를 구분하여 연속된 제스처로부터 개

발 제스처를 분리하여, 동작 끝 상태에서 제스처의 특징 값으로부터 제스처를 인식한다.

개발된 시스템을 실제 스마트폰 기기에 적용하기 위해서는 스마트폰의 연산량의 제한이나, 부동 소수점 사용의 문제 등에 대한 최적화된 알고리즘의 포팅이 필요하다.

참고 문헌

- [1] H. Sung, H. Byun, "3D face tracking using MLESAC motion estimation based particle filter," *Proc. of the KIISE Fall Congress 2009*, vol.36, no.2(A), pp.214-215, 2009. (in Korean)
- [2] J. Lim, S. Kim, C. Lee, G. S. Lee, H. J. Yang, E. M. Lee, "Cursive Script Recognition in Wine Label Images Using Over-Segmentation and Character Combination Filtering," *Proc. of the KIISE Fall Congress 2009*, vol.36, no.2(A), pp.222-223, 2009. (in Korean)
- [3] S. Mitra, T. Acharya, "Gesture Recognition: A survey," *IEEE Trans. Systems, Man and Cybernetics-Part C*, vol.37, no.3, pp.311-324, May 2007.
- [4] M. Rohs, "Real-World Interaction with Camera-Phones," *Ubiquitous Computing Systems, LNCS*, vol.3598, pp.74-89, 2005.
- [5] S. Winkler, K. Rangaswamy, Z.Y. Zhou, "Intuitive user interface for mobile devices based on visual motion detection," *Proc. SPIE, Multimedia on Mobile Device*, vol.6507, pp.65070V, 2007.
- [6] J. Hwang, G. J. Kim, N. Kim, "Camera based relative motion tracking for hand-held virtual reality," *In Proc. NICOGRAPH International*, 2006.
- [7] M. Barnard, J. Hannuksela, P. Sangi, J. Heikkila, "A vision based motion interface for mobile phones," *In Proc. of International Conference on Computer Vision Systems*, 2007.
- [8] A. Haro, K. Mori, T. Capin, S. Wilkinson, "Mobile camera-based user interaction," *LNCS 3766, Computer Vision in Human-Computer Interaction*, pp.79-89, 2005.
- [9] M. S. Ko, K. H. Lee, C. W. Kim, J. H. Ahn, I. J. Kim, "An Implementation of User Interface Using Vision-based Gesture Recognition," *Proc. of the KIISE Korea Computer Congress*, vol.35, no.1(C), pp.507-511, 2008.
- [10] J. Shi and C. Tomasi, "Good feature to track," *In Proc. IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, pp.594-600, June 1994.
- [11] B. D. Lucas and T. Kanade, "An iterative image registration technique with an application to stereo vision," *In Proc. Image Understanding Workshop*, pp.121-130, 1981.
- [12] A. Kendon, "Gesticulation and speech: two aspects of the process of utterance," *The relationship between verbal and nonverbal communication*, pp.207-227, 1980.
- [13] Chan-Su Lee, Gyu-tae Park, Jong-Sung Kim, Zeung-nam Bien, Won Jang, Sung-Kwon Kim, "Real-time Recognition System of Korean Sign Language based on Elementary Components," *IEEE FUZZ'97*, pp.1463-1468, 1997.