

# 형상분해를 이용한 손가락 방향성 인식 알고리즘

최종호\*

## Finger Directivity Recognition Algorithm using Shape Decomposition

Jong-Ho Choi\*

요 약

최근 들어 인간과 컴퓨터와의 상호작용을 위한 인터페이스 분야에서 컴퓨터 시각 방식으로 손짓을 인식하고자 하는 연구가 널리 진행되고 있다. 손짓 인식에서 가장 중요한 이슈는 손가락의 방향성을 효율적으로 인식하는 것이다. 손짓 형상으로부터 얻은 원시형상요소들의 방향성은 손짓에 관한 중요한 정보를 내포하고 있으므로 본 논문에서는 형태론적 형상분해 기법을 사용하여 얻은 주 원시형상요소를 포함하는 원의 반경을 증가시키면서 부 원시형상요소와의 교차점을 구하여 손가락의 주 방향성을 인식하는 알고리즘을 제안하고, 실험을 통하여 그 유용성을 증명하였다.

ABSTRACT

The use of gestures provides an attractive alternate to cumbersome interfaces for human-computer devices interaction. This has motivated a very active research area concerned with computer vision-based recognition of hand gestures. The most important issues in hand gesture recognition is to recognize the directivity of finger. The primitive elements extracted to a hand gesture include in very important information on the directivity of finger. In this paper, we propose the recognition algorithm of finger directivity by using the cross points of circle and sub-primitive element. The radius of circle is increased from minimum radius including main-primitive element to it including sub-primitive elements. Through the experiment, we demonstrated the efficiency of proposed algorithm.

**Key Words** : Hand Gesture, Recognition, Finger Directivity, Shape Decomposition, Cross-Points

### 1. 서 론

최근 들어 인간의 의지를 직감적으로 기계에 전달하기 위한 수단으로 제스처를 이용하고자 하는 연구가 널리 진행되고 있다. 일상의 대화에서 자연스럽게 사용되고 있는 제스처를 인식할 수 있는 인

터페이스를 구현할 경우, 제스처는 의사전달 및 감정이나 정서 등의 미묘한 표현에 대응하는 자연스러운 입력수단으로 널리 이용될 수 있을 것이다.

인간이 일상생활에서 주로 사용하고 있는 제스처로는 손짓, 몸짓, 표정, 시선 등을 들 수가 있다. 이중에서도 손짓은 그 표현의 다양성 때문에 중요

\* 교신전자 : 강남대학교 전자공학과 교수 (jhchoi@kangnam.ac.kr)

접수일자 : 2011년 08월 04일, 수정일자 : 2011년 08월 29일, 심사완료일자 : 2011년 09월 04일

한 의사표현 수단으로 널리 사용되고 있고, 손짓의 응용분야에서 널리 응용되고 있는 것은 손가락의 방향성이다. 손가락의 방향성을 인식하기 위해서는 손짓 형상을 다수의 원시 형상요소로 분해하는 것이 필요하다.

본 논문에서는 알고리즘의 단순성 때문에 실시간 처리가 가능한 형태론적 형상분해 기법을 적용하여 손짓 형상을 주 원시형상요소와 부 원시형상요소들로 분해하였다. 주 원시형상요소는 손짓 형상에서 손등에 해당하는 부분이고, 부 원시형상요소는 손가락에 해당하는 부분이다. 이러한 특징을 근거로 손등에 해당하는 주 원시형상요소를 포함하는 원의 반경을 최소로 설정하고, 원의 반경을 좌우 1화소 단위 즉 반경을 2화소 단위로 증가시키면서 얻은 원과 부 원시형상요소와의 교차점을 구한 후에, 보간을 통해 구한 교차점들을 연결하는 직선으로부터 손가락의 방향성을 인식하는 알고리즘을 제안하였다.

주 원시형상요소와 부 원시형상요소들을 연결하는 직선의 각도를 평균하여 손가락의 방향성을 인식하는 알고리즘이 제안되어 있으나, 손가락에 해당하지 않는 타 부분이 부 원시형상요소로 표현될 수 있으므로 손짓 형상의 촬영 시점에 따라 오차가 증가할 수 있다, 그러나 본 논문에서 제안한 알고리즘은 손가락 형상에 대응되는 다수의 부 원시형상요소를 이용하는 방법이므로 방향성 인식에 관한 오차를 크게 줄일 수 있다는 장점이 있다.

## II. 형상분해

2-D 영상내에 포함되어 있는 물체들의 복잡한 형상을 단순한 원시형상 요소들로 분해하여 이들을 계층적으로 표현하고 기술하는 것은 인간의 시각적인 인식의 기본단계이다. 이러한 연구에서의 중요한 관심 대상은 알고리즘의 단순화와 처리시간의 감소이다. 이에 관련된 문제의 해결방법으로 기하학적 집합 이론에 근거하고 있는 수학적 형태론(Mathematical Morphology)[1]을 적용하는 것을 생각할 수 있다. 화소 사이의 논리적 연산에 근거하고 있는 수학적 형태론에서는 형태론적 논리연산으로 구성되는 유용한 영상처리 기술들이 다양한 형태로 개발되고 있다. 수학적 형태론은 영상내의

기하학적 특성을 정량화하고자 하는 집합 이론적 접근 방식으로 미리 정의된 모양의 패턴을 가지고 영상을 변환해석하고자 하는 방법이다. 이 이론은 영상 내에 존재하는 형상의 기하학적인 구조를 정량화할 수 있다는 특징 때문에 영상처리와 패턴인식 등의 분야에서 널리 응용되고 있으며, 실용화에 가장 가까운 기술로 각광받고 있다.

형상분해는 형상 X를 다수의 원시형상 요소  $X = \{X_1, X_2, X_3, \dots, X_n\}$  들로 분해하고자 하는 것으로 이의 수학적 표현은 다음과 같다[2,3].

$$X = \bigcup_{i=1}^n X_i, X_i \in G(R^2) \quad (1)$$

여기서  $G(R^2)$ 은 2-D 유클리드 공간 R에서 정의되는 2-D 개집합(Open Set)이다.

형태론적 형상분해에서 원시형상 요소는 다음과 같은 형태론적 연산을 수행하여 얻을 수 있다[4].

$$X_i = X_{ni}B = (X \ominus niBs) \oplus niB \quad (2)$$

여기서 B는 구성소(Structuring Element)이고,  $ni$ 는 구성소의 크기이며,  $\oplus$ 와  $\ominus$ 는 각각 확장(Dilation)과 침식(Erosion) 연산자이다. 그리고 Bs는 원점에 대한 B의 반전(Reflection)이다.

식 (2)는 형상이 점 또는 선으로 축소될 때까지 형상 X를 B로 침식 연산한 결과를 침식 연산한 횟수만큼 확장연산하면 원시형상 요소를 얻을 수 있다는 것을 의미한다. 이러한 처리는  $X - X_i$ 에 대해서 반복적으로 수행된다. 이상에서 서술한 처리과정을 회귀형식으로 표현하면 다음과 같다[4,5,6].

$$\begin{aligned} X_i &= (X - X'_{i-1})niB \\ &= ((X - X'_{i-1}) \ominus niBs) \oplus niB \\ X_i &= \bigcup_{j=1}^i X_j \quad (3) \\ X_0' &= \emptyset \end{aligned}$$

$$\text{Stopping Condition: } (X - X_k') \ominus iBs = \emptyset$$

여기서 종료조건은 형상의 전영역을 남김없이 분해하기 위한 조건이고, k는 분해된 원시형상 요소의 총수이다

### III. 교차점을 이용한 손가락 방향성 인식 알고리즘

#### 1. 형상분해

형태론적 형상분해 과정에서 원시형상요소들은 큰 것부터 작은 것의 순서대로 추출된다. 이러한 원시형상요소들을 다시 인접관계에 따라 계층적으로 형상을 분해하는 과정은 다음과 같다.

형상분해에서 첫 번째로 추출되는 가장 큰 원시형상요소  $X_i$ 를 주요소로 설정하고, 다음의 형상분해에서 추출되는  $X_i(i=2,3,\dots,n)$ 를 그 순서에 따라 제 1, 2, 3, ..., n 부요소로 설정한다. 상위 두 부요소 사이에 위치한 원시형상요소는 손가락의 방향성 인식에 필요한 부분이 아니므로 형상표현에서 제거한다. 이 과정에서 상위 두 요소에 위치한 원시형상요소는 바로 위의 상위요소보다 주요소까지의 거리가 짧은 경우에 해당하는 원시형상요소이다. 이상의 과정을  $i=2$ 에서  $n$ 까지 수행한다. 여기서  $n$ 은 손짓 인식이 가능한 특징벡터를 얻을 수 있을 때까지의 형상분해 횟수이다.

#### 2. 주 원시형상요소의 중심점 추출

손가락 방향성 인식 알고리즘은 형태론적 형상분해로 추출한 부 원시형상요소들과 주 원시형상요소를 포함하는 원의 반경을 증가시키면서 얻은 원과의 교차점을 이용하여 손가락의 방향성을 인식하고자 하는 것이므로 형상분해의 다음 단계는 주 원시형상요소의 중심점을 추출하는 것이다.

#### 3. 교차점 인식

형상분해의 과정을 거쳐 2-D 공간상에 위치한 주 원시형상요소의 중심점과 부 원시형상요소들의 중심점을 연결하는 선의 각도를 특징벡터로 설정하고, 원시형상요소와 부 원시형상요소의 중심점을 연결하는 각도들로 구성된 특징벡터의 평균치를 이용하여 손가락의 방향성을 인식하는 알고리즘이 제

안되어 있으나, 손짓 형상의 경우 부 원시형상요소는 손가락이 아닌 손등 부분에서도 생성되므로 촬영 시점에 따라 큰 오차를 발생시킬 수 있다[7].

따라서 본 연구에서는 손가락에 해당하는 다수의 부 원시형상요소들을 인식하여 손가락의 방향성을 인식하는 알고리즘을 제안하였다. 그림 1에 나타난 바와 같이 주 원시형상요소를 포함하는 원의 반경을 최소로 설정한 다음, 원의 반경을 좌우 1화소 단위로 증가시키면서 생성한 원과 부 원시형상요소들과의 교차점을 구한다. 교차점이 다수 존재하는 방향을 선택하고, 교차점들을 보간하여 주 원시형상요소의 특정 점을 출발점으로 하고 교차점들을 통과하는 직선 방정식을 얻는다. 직선의 방향이 손가락의 방향이다. 손가락의 방향성 인식 절차를 요약하여 그림 2에 나타냈다.

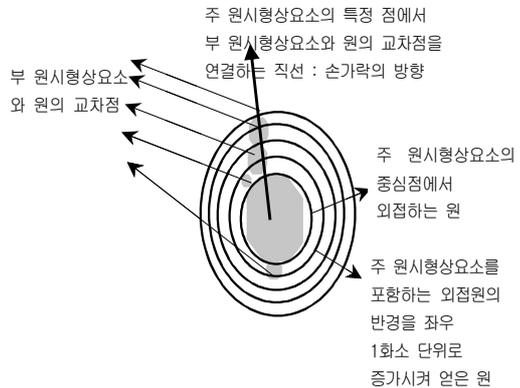


그림 1. 손가락 방향성 인식 알고리즘  
Fig. 1 Finger directivity recognition algorithm

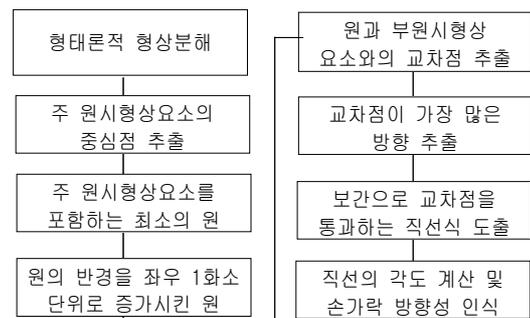


그림 2. 손가락 방향성 인식 절차  
Fig. 2. Finger directivity recognition procedures

### IV. 실험

화소수가  $256 \times 256$ 이고, 해상도가 8비트인 4개의 손짓 영상을 취득하여 제안된 알고리즘의 유효성을 확인하였다. 2진 실험 영상과 형상분해 결과를 각각 그림 3과 4에 나타냈다. 실험 영상은 Play, Left, Right, Stop의 의미를 갖는 4개의 형상을 선택하였다.

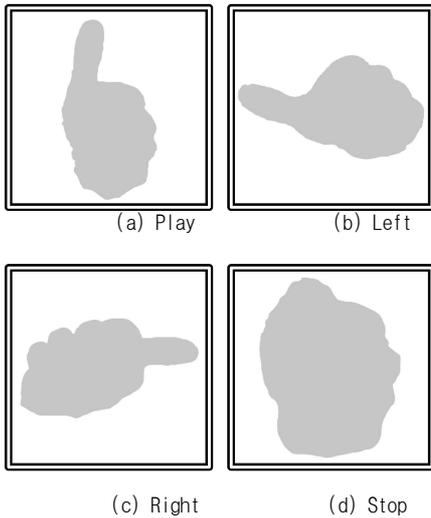


그림 3. 손짓 영상  
Fig. 3. Hand gesture images

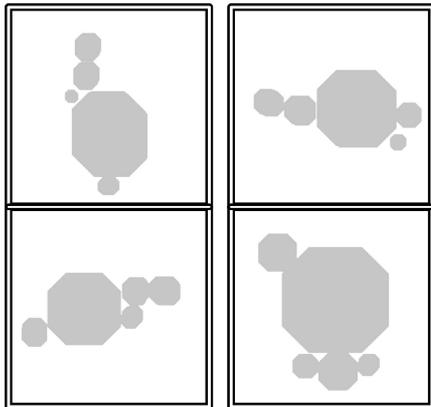


그림 4. 형상분해 영상  
Fig. 4. Shape decomposition images

그림 5에 주 원시형상요소의 특정 점으로부터 부 원시형상요소와 원의 교차점을 연결하는 직선을

구하여 나타냈다. 직선의 방향이 손가락의 방향이다. 4번째 손짓 Stop은 부 원시형상요소들이 주 원시형상 요소 부근에 위치하는 경우이므로 주 원시형상요소와 부 원시형상요소간의 거리가 문턱치 이하인 경우에는 주 원시형상요소만이 존재하는 것으로 가정하여 부 원시형상요소를 제거하는 경우에 해당하므로 주 원시형상요소만이 존재하는 경우로 인식한다.

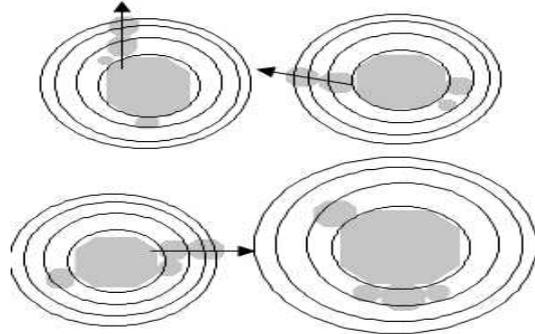


그림 5. 손가락의 방향성 인식  
Fig. 5. Finger directivity recognition

손짓 형상에서 중요한 의미를 갖는 것은 손가락의 방향성에 관련된 정보이다. 그러므로 직선의 각도가  $45^\circ \sim 134^\circ$ 인 경우에는 손짓 1(Play)으로,  $135^\circ \sim 225^\circ$ 인 경우에는 손짓 2(Left)로, 그리고  $224^\circ \sim 43^\circ$ 인 경우에는 손짓 3(Right)로 인식하였다.

### V. 결 론

본 논문에서는 형상분해 기법을 적용하여 추출한 주 원시형상요소를 포함하는 원의 반경을 증가시키면서 부 원시형상요소와의 교차점을 구하여 손가락의 주 방향성을 인식하는 알고리즘을 제안하였다.

화소수가  $256 \times 256$ 이고, 해상도가 8비트인 4개의 손짓 영상을 취득하여 제안한 알고리즘의 유효성을 실험을 통해 검증한 결과, Play, Left, Right, Stop의 의미를 갖는 4개의 형상을 정확하게 인식할 수 있었다. 제안한 알고리즘을 탑재한 FPGA 기반의 하드웨어 모듈을 개발하는 것이 향후의 연구과제이다.

참 고 문 헌

[1] Serra, J., Image Analysis and Mathematical Morphology, Vol.1, Academic Press, New York, 1982.

[2] Serra, J., "Introduction to Mathematical Morphology," Computer Vision, Graphics, and Image Processing, Vol.35, No.3, 1986.

[3] Maragos, P. and Schafer, R.W., "Morphological Skeleton Representation and Coding of Binary Images," IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing, Vol.ASSP-34, No.5, pp.1228-1244, 1986.

[4] Maragos, P. and Schafer, R.W., "Morphological Skeleton Representation and Coding of Binary Images," IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing, Vol.ASSP-34, No.5, pp.1228-1244, 1986.

[5] Pitas, I. and Venetsanopoulos, A. N., "Morphological Shape Decomposition," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.12, No.1, 1990.

[6] Tadahiko Kimoto, Motohiro Asai and Yasuhiko Yasuda, "Shape Description by a distribution function based on Morphological Decomposition," SPIE Vol.1818 Visual Communications and Image Processing, 1992.

[7] 최중호, "형태론적 손짓 인식 알고리즘", 해양정보통신학회 논문지

저자약력

최 중 호(Jong-Ho Choi)

정회원



1982년 2월 중앙대학교 전자공학과 학사  
 1984년 2월 중앙대학교 전자공학과 석사  
 1987년 2월 중앙대학교 전자공학과 박사  
 1990~현재 강남대학교 전자공학과 교수

<관심분야> 영상통신, 제스처인식, 컴퓨터시각 등