

손 영역의 무게 중심과 퍼지 논리를 이용한 USB 카메라 기반의 지문자 인식 시스템

USB Camera-Based Korean Manual Alphabet Recognition System
Using Center of Gravity of Hand Region and Fuzzy Logic

오영준¹, 박광현², 변증남³

¹대전시 유성구 구성동 한국과학기술원 인간친화 복지 로봇시스템 연구센터
E-mail: yjoo@ctrsys.kaist.ac.kr

²³대전시 유성구 구성동 한국과학기술원 전자전산학과
E-mail: {²akai, ³zbien}@ee.kaist.ac.kr

요 약

지문자는 청각장애인이 사용하는 수화로 표현하지 못하는 한글 문자를 알파벳으로 표시하기 위한 손 제스처이다. 본 논문에서는 추출된 손 영역의 무게 중심과 퍼지 논리를 이용하여 지문자를 인식하는 알고리즘을 제안하고, 한글 문자를 표현하는 시스템을 개발한다. USB 카메라로부터 얻어진 영상에서 히스토그램을 이용하여 손의 피부색 영역을 추출하고, 영상 마스크를 이용하여 피부색이 아닌 배경 영역을 제거한다. 문턱 값을 사용하여 얻어진 이진화된 영상에서 손의 영역을 검출하고, 무게 중심을 이용하여 손 중심과 손가락 끝의 거리를 측정한다. 얻어진 거리 정보에 퍼지 기법을 적용하여 손가락의 굽힘 정도를 판단하고, 손 모양 데이터베이스에서 손가락 굽힘 정도와 가장 근사한 한글 문자를 선택한다.

Key Words : 지문자 인식, 손 영역 무게 중심, 퍼지 논리, 손 제스처 인식

1. 서 론

수화는 청각장애인들이 주로 사용하는 의사소통 수단이며, 시각적, 공간적, 언어학적 구조를 가진 손 제스처로 표현된다. 수화는 손짓과 몸짓, 얼굴 표정 등을 통해 다양하고 복잡한 의사를 체계적으로 전달하고, 신체 운동과 생각, 감정을 간단하게 나타낼 수 있다[1]. 또한, 수화는 청각장애인이 손 모양과 손의 위치, 손의 운동을 통해 언어적 의미에 대한 시각적 이해를 제공할 수 있다[1]. 지문자는 고유명사와 수화사전에 등록되지 않은 단어에 대하여 한글을 알파벳으로 표시한 제스처이다[2].

한국과학기술원(KAIST) 변증남 교수 연구실에서는 1991년부터 수화 인식을 비롯하여 다양한 수화 공학 기술을 연구해 왔다. 1994년에는 사이버 글러브 기반의 수화 인식 시스템을 개발하였고, 2001년에는 카메라 기반의 수화 인식 시스템을 개발하였으며[3], 2007년에는 USB 카메라 기반의 지문자 인식 시스템을 개발하였다. 본 논문에서 개발된 시스템은 고가의 카메라와 영상 보드를 내장하고 이동이 불편한 기존 시스템의 문제를 해결하기 위하여 가격이 저렴하고 무게가 가벼워 대중화된 USB(Universal Serial Bus) 카메라를 장착하

였다.

기존의 지문자 인식 시스템에서는 OpenCV (Open Computer Vision)라는 영상처리 라이브러리를 사용하여 물체의 테두리 검출, 잡음 제거 등의 다양한 함수를 통해 영상을 분석하였다[4]. 이 시스템에서는 템플릿 매칭과 영상 그리드 기법을 이용하여 지문자의 위치를 탐색하고 한글 음절로 구성하는 기술을 개발하였으나, 템플릿 영상으로 사용되는 손 모양이 다양하지 못하고, 템플릿 영상을 저장하기 위한 저장 공간이 많이 필요하며, 손 모양이 많을수록 템플릿 매칭에 의한 지문자 인식 성능이 떨어진다. 이를 해결하기 위해 본 논문에서는 추출된 손 영역의 무게 중심과 퍼지 논리를 이용하여 손가락의 굽힘 각도와 벌림 각도, 손 회전을 측정하는 지문자 인식 알고리즘을 제안하고, 한글 문자를 표현하는 시스템을 개발한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2절에서는 지문자와 기존의 시스템을 소개하고, 제 3절에서는 손 영역을 추출하고 손 영역의 무게 중심을 구하는 방법을 설명한다. 제 4절에서는 손 모양에 대한 퍼지 논리를 설명하고, 제 5절에서 실험 결과와 함께 제안한 내용을 정리하여 서술한다.

2. 지문자 및 기존의 시스템

2.1 한글 지문자에 대한 이해

수화는 손 모양과 손 운동, 손 위치를 이용하여 하나의 단어를 의미적으로 나타내는 수화 단어와 한글 자모를 손 형상으로 표현한 지문자로 구성되어 있다. 지문자는 그림 1과 같이 한글의 자음 및 모음의 모양과 비슷하고, 몇 개의 지문자들을 조합하여 한글 음절을 구성하는 손 제스처로 표현된다. 그림 1과 같이 한글 지문자는 자음 14자, 모음 10자, 복모음 7자를 포함하여 모두 31자로 구성되어 있다. “과”와 “거”와 같이 하나의 지문자로 표현할 수 없는 이중 모음에 대해서는 두 모음을 순서대로 표현하고, 쌍자음을 포함한 복자음도 두 자음을 순서대로 표현한다[5].

g(ㄱ)	n(ㄴ)	d(ㄷ)	r(ㄹ)	m(ㅁ)	b(ㅂ)
a(ㅏ)	o(ㅓ)	s(ㅕ)	ch(ㅛ)	k(ㅋ)	t(ㅌ)
p(ㅍ)	h(ㅎ)				
ae(ㅐ)	ya(ㅑ)	eo(ㅓ)	yeo(ㅕ)	a(ㅏ)	yo(ㅑ)
u(ㅜ)	yu(ㅠ)	eu(ㅡ)	i(ㅣ)	ae(ㅐ)	e(ㅔ)
oo(ㅛ)	wi(ㅜ)	yao(ㅑ)	ye(ㅕ)	uk(ㅡ)	

그림 1. 한글 지문자 표

2.2 템플릿 매칭을 이용한 지문자 인식

기존의 지문자 인식 시스템에서는 템플릿 매칭을 이용하여 지문자를 인식하였다. 손 모양을 인식하기 위하여 그림 2(c)와 같이 31개의 지문자와 2개의 보조 지문자(-, -)를 템플릿 영상으로 정의하였다. 카메라로부터 얻어진 영상에서 손 모양의 사각형 영역을 검출하고, 33개의 한글 지문자에 대한 템플릿 영상을 사용하여 템플릿 영상과 검출한 손 모양 영상을 비교한다. 템플릿 매칭을 통해 가장 유사한 손 모양을 얻고 한글 문자 테이블에 맵핑하여 자음 또는 모음을 생성한다[6]. 그림 2는 ‘ㄱ’ 지문자를 인식하여 한글 테이블에서 ‘ㄱ’ 자음으로 변환되는 것을 보여 준다. 이 시스템에서는 템플릿 영상의 손 모양 개수에 제한이 있고, 손 모양이 많을수록 분별력이 떨어지는 문제가 있다.

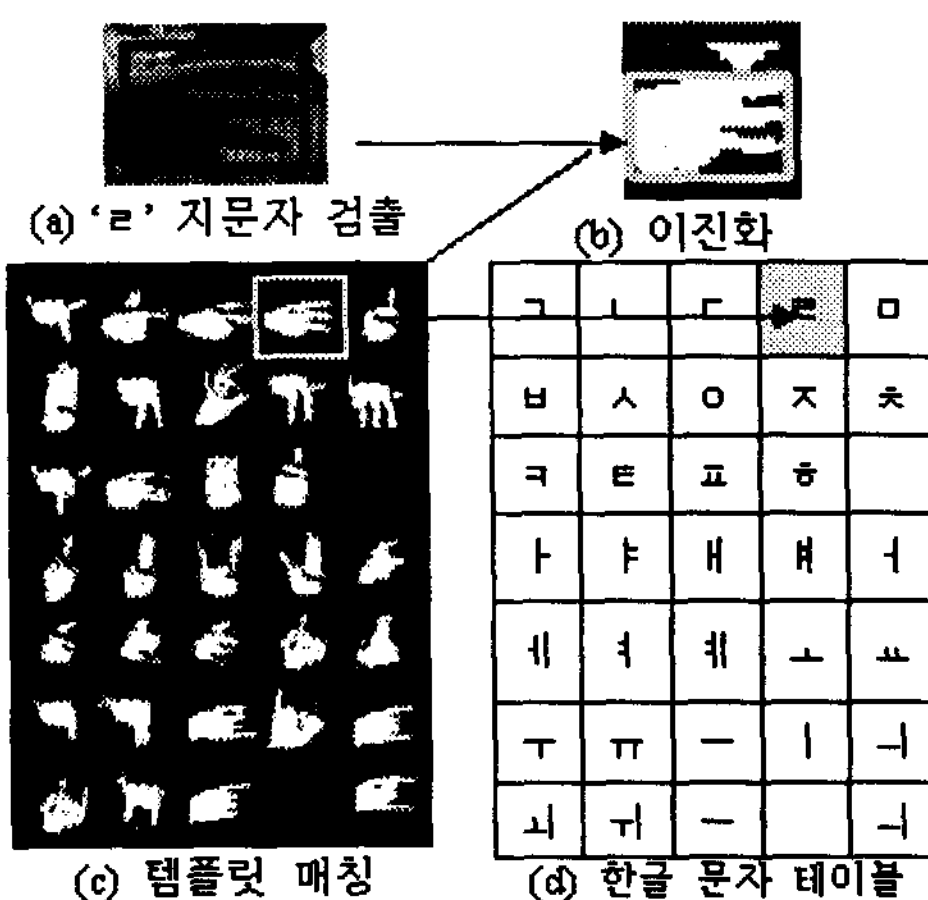


그림 2. 템플릿 매칭을 이용한 지문자 인식

3. 손 영역 추출 및 손 영역의 무게 중심

3.1 손 영역 추출

그림 3은 손 영역을 추출하는 과정을 보여준다. USB 카메라를 사용하여 사용자를 촬영한 영상(a)에 대하여 노란색 채널의 채도 히스토그램을 이용하여 피부색 영역(b)과 배경색 영역을 추출한다. 피부색 영상에서 배경색 영상을 뺀 영상을 생성하고 그레이 영상으로 변환한다. 문턱 값을 사용하여 얻어진 영상에서 얼굴 영역을 추적하여 손 영역을 제외한 나머지 영역을 검은색으로 칠하고, 그림 3(c)와 같이 영상 잡음을 제거하여 손의 윤곽선과 손 내부를 하얀 색으로 깔끔하게 칠한다. 그림 3(d)에서 빨간색 네모는 얼굴 영역, 파란색 네모는 손 영역을 나타낸다.

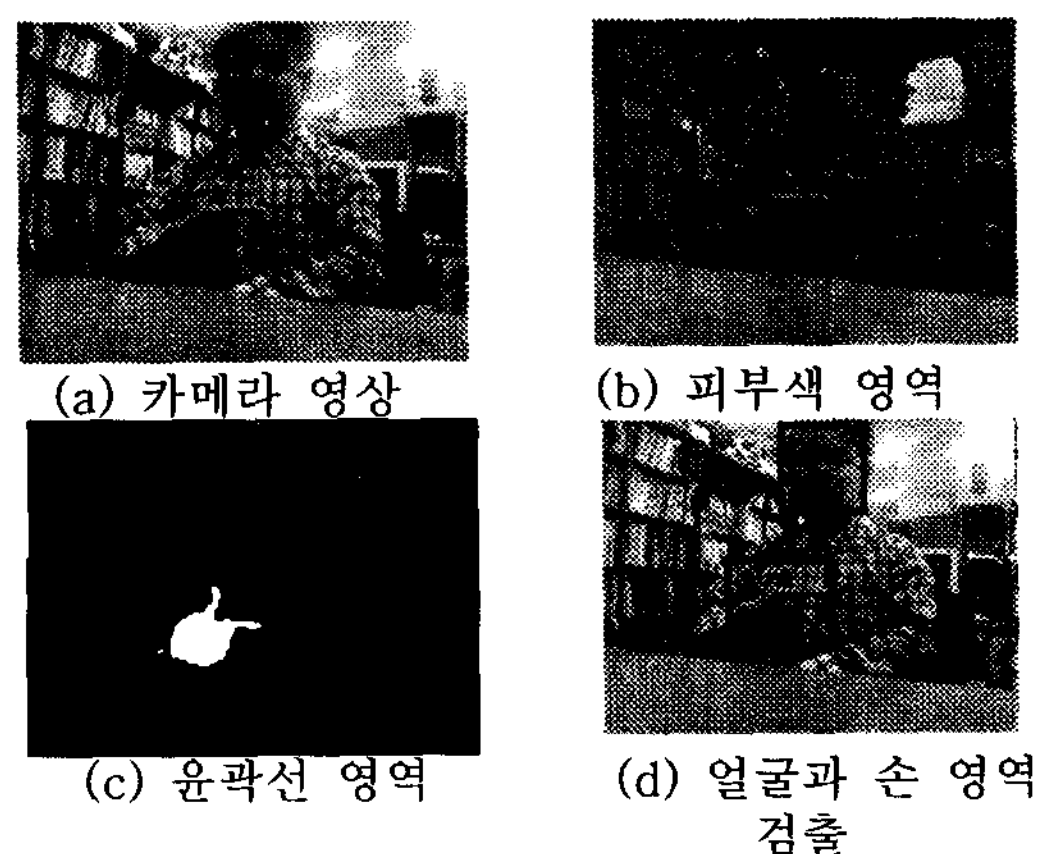


그림 3. 손 영역 추출 과정

3.2 손의 회전

그림 4는 손의 회전을 보여준다. 그림 3(c)에서 얻어진 손 영역의 무게 중심을 얻기 위하여 x축을 0도로 하여 얻어진 손 영역을 시계 반대 방향으로 회전하고, 손 영역의 크기를

80x80으로 조절한다.

지문자	원 모습	회전결과	회전각
7			-180
L			0
T			-180
-			-90

그림 4. 손의 회전

3.3 손 영역의 무게 중심

그림 5의 점과 같은 손 영역의 무게 중심은 그림 5의 빨간 사각형과 같이 전체 손등이나 손바닥의 중심으로 정하기 때문에 손가락의 움직임은 손 영역의 무게 중심을 얻는데 영향을 주지 않는다.



그림 5. 손 영역의 무게 중심

3.4 손 마디에 고리 그리기

그림 6(b)와 같이 손가락을 굽히는 각도를 측정하기 위하여 그림 6(a)와 같이 손 영역의 무게 중심을 중심으로 하여 손가락 마디에 3개의 원을 그리고, 4개의 고리를 양궁의 표적처럼 표현한다. 그림 6(c)와 같이 손가락 사이를 벌리는 각도를 계산하기 위하여 그림 6(b)에 있는 중심점에서 5개 손가락의 끝까지 선을 그린다.



(a) 고리 (b) 굽힘 측정 (c) 벌림 측정

그림 6. 고리 그리기

4. 손 모양 분류를 위한 퍼지 계산

4.1 손가락 굽힘 계산

그림 7은 검지 손가락의 굽힘을 나타낸 것이

다. 손가락 첫째 마디를 ①, 둘째 마디를 ②, 셋째 마디를 ③으로 정의하고, 고리 둘레를 마디 관절의 경계로 표시한다. 표 1은 검지 손가락에 대해 측정된 굽힘 각도를 보이는데, 관절 각도가 손가락의 크기에 따라 조금 다를 수 있다.

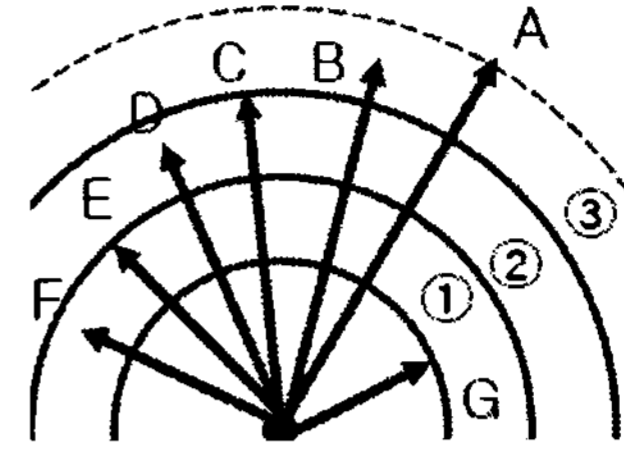


그림 7. 검지 손가락의 굽힘 관찰

표 1. 손가락 굽힘에 대한 관절각

굽힘	① 관절각	② 관절각	③ 관절각
A	0	0	0
B	0	30	30
C	0	45	45
D	0	60	45
E	0	90	45
F	45	90	45
G	90	0	0

4.2 손 모양에 대한 퍼지 논리

지문자 인식 시스템에서 손 모양을 쉽게 분류하기 위하여 "If ... THEN...(만약 ...이면...)" 규칙을 손 모양 분류에 적용하였다. 손가락 굽힘에 대한 퍼지 규칙은 다음과 같이 정할 수 있다[7].

만약 손가락이 펼쳐 있으면
 'Spread' 손모양이다
 만약 손가락이 굽혀져 있으면
 'Bend' 손모양이다
 ...

수화를 표현하는 손 모양은 'Spread' 손 모양과 'Bend' 손 모양 외에도 다양하게 분류할 수 있지만, 지문자를 체계적으로 인식하기 위하여 손가락 굽힘에 대해 퍼지 규칙을 정하였다. 그림 8과 같이 Duy Bui의 퍼지 분류를 참고하여 손가락 굽힘에 대해 7개의 퍼지 소속 함수를 정하였다[8].

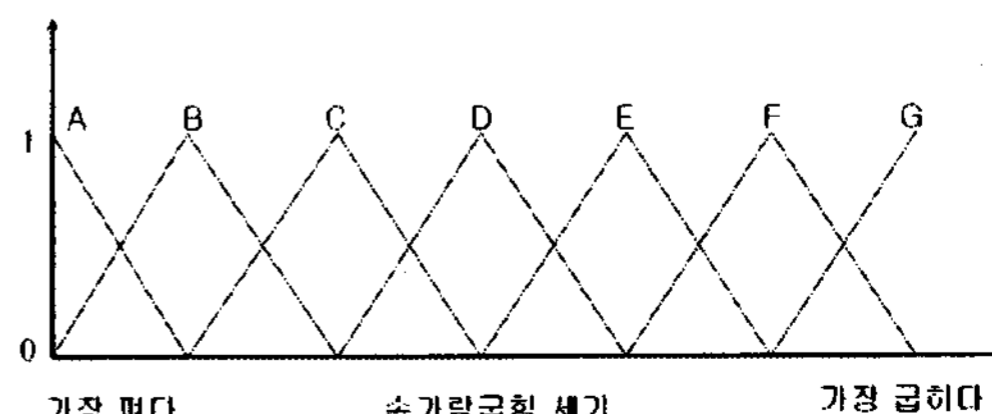


그림 8. 손가락 굽힘의 퍼지 소속 함수

다음은 사용된 퍼지 규칙의 예시이다.

- 만약 엄지 손가락의 굽힘은 A
- 이고 검지 손가락의 굽힘은 A
- 이고 중지 손가락의 굽힘은 A
- 이고 약지 손가락의 굽힘은 F
- 이고 새끼 손가락의 굽힘은 F
- 이고 엄지-검지 사이의 벌림은 70도
- 이고 검지-중지 사이의 벌림은 10도
- 이고 중지-약지 사이의 벌림은 0도
- 이고 약지-새끼 사이의 벌림은 0도
- 이고 손의 방향은 하향이면
- 지문자는 'ㅈ'이다.

그림 9와 같이 퍼지논리에 의해 분류된 'ㅈ' 인식 데이터를 손가락 관절각 데이터로 변환하고, 손 모양 데이터베이스에서 손가락 굽힘 정도와 가장 근사한 한글 문자를 선택한다.

지문자: ㅈ 손모양: 칠(7)
퍼지분류 데이터: 70A 10A 0A 0F 0F
손가락 관절각 데이터: <u>20 0 0 0 0 10 0 0</u>
<u>0 0 0 0 0 0 45 90 45 0 45 90 45</u>

그림 9. 손가락별 데이터

5. 결론

본 논문에서는 기존의 지문자 인식 시스템이 가지는 한계를 극복하기 위하여 손 영역의 무게 중심과 퍼지 논리를 이용한 지문자 인식 시스템 개발을 개발하였다. 카메라로부터 얻어진 영상에서 검출된 손 영역의 무게 중심과 손가락 끝 사이의 거리에 퍼지 논리 기법을 적용하여 손가락의 굽힘 정도와 손가락 사이의 벌림, 손 방향을 판단하고, 손 모양 데이터베이스에서 가장 근사한 한글 문자를 선택한다.

하지만, 몸의 앞 방향으로 제스처를 표현하는 'ㅇ'과 'ㅎ', 'ㄱ', 'ㅋ', '개', 'ㅋ' 지문자는 인식할 수 없기 때문에 전체 지문자에 대한 인식 성공률은 80% 정도가 된다.

추후 과제로는 몸의 앞뒤 방향으로 표현되는 손 영역을 인식하기 위하여 손가락 사이의 외곽선을 추출하는 연구가 필요하다.

Acknowledgement

본 연구는 과학기술부/한국과학재단 우수연구센터 육성사업의 지원(R11-1999-008)으로 수행되었음

참고 문헌

[1] Karen Nakamura, "Sign language," The Deaf Resource Library, <http://www.deaflibrary.org/>

org/

[2] 원영조, 이규식, 김병하, 석동일, 청각장애아 교육, 대구대학교 출판부, 1995

[3] 변증남, 장원, 김정배, 김대진, "수화 통역 시스템의 시범 적용 및 TV 한글 자막화의 실용화," 한국과학기술원 보고서, 2001년 10월

[4] "OpenCV", Open Computer Vision library, Intel co. Ltd. <http://www.intel.com/technology/computing/opencv/>

[5] 장진석, "한국 수화에 대한 이해," 농아인과 사회, 한국농아인협회, 1999

[6] 오영준, 박광현, 변증남, "템플릿 매칭에 기반한 한글 지문자 인식," 제 20회 신호처리합동학술대회, 2007

[7] Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. Information and Control, 8:358 353.

[8] Duy Bui and Long Thang Nguyen, "Recognition of Vietnamese sign language using MEMS accelerometers," 1st International Conference on Sensing Technology, pp. 118 122, November 21 23, 2005