

웨어러블 장치를 위한 3D 온라인 필기인식 시스템

김민지, 최린

고려대학교 전기전자공학과

e-mail : 777vvv@korea.ac.kr, lchoi@korea.ac.kr

3D On-line Handwriting Character Recognition System for Wearable Devices

Minji Kim, Lynn Choi

Dept. of Electrical Engineering, Korea University

요 약

본 논문에서는 웨어러블 장치에서 펜 형태 또는 손가락 부착 형태의 입력 인터페이스로 사용할 수 있는 3D 온라인 필기인식 시스템을 제안한다. 3 축 가속도 센서와 자이로 센서를 장착한 입력 인터페이스를 사용하여 사용자는 손의 움직임을 통해 웨어러블 기기 또는 스마트 기기에 문자를 입력할 수 있다. 본 연구에서 제안하는 3D 필기인식 시스템은 필기 경로를 복원하여 획을 추출하고, 3 차원 공간의 필기문자에서 나타나는 기울임이나 왜곡, 겹쳐 쓰기를 고려한 특징점 추출 과정을 거친다. 추출한 특징점을 2 단계 결정 트리의 입력으로 사용하여 사용자가 공간상에서 필기한 알파벳을 인식한다. 10 명의 사용자에게 3 회의 필기 데이터를 입력 받아 총 780 개의 문자를 인식한 결과, 87.69%의 인식률을 얻을 수 있었다.

1. 서론

최근 들어 컴퓨팅 디바이스를 시계나 안경처럼 착용할 수 있도록 설계한 웨어러블 장치들이 보편화되면서 이에 적합한 입력 인터페이스에 대한 기술이 요구되고 있다. 웨어러블 장치의 경우 주로 사용자의 몸에 부착되어 있어 사용자가 직접 손으로 조작하는 것이 어렵고, 소형 스크린을 사용하기 때문에 터치 인터페이스를 적용하기에 적합하지 않아 기존의 입력 인터페이스와는 다른 방식이 요구된다.

웨어러블 기기의 발달과 함께 사용자가 기기에 직관적이고 편리하게 문자를 입력할 수 있도록 하는 인간과 컴퓨터간의 상호작용이 가능한 인터페이스의 개발을 필요로 한다. 따라서 Google Glass [6]나 삼성 Gear [7]와 같은 웨어러블 장치는 음성 인식 또는 카메라를 이용한 영상 인식을 통해 사용자가 기기를 제어할 수 있도록 하고 있다. 음성인식을 사용한 문자 입력 방식의 경우 사용자의 자세에 제한이 없고 사용자가 쉽게 사용할 수 있는 장점이 있지만, 소음 간섭이 심한 장소에서 사용이 제한된다. 영상 인식을 사용한 문자 입력 방식의 경우 카메라의 시야 내에서만 사용이 가능하고 빛이 충분히 존재하는 장소에서 사용이 가능하며 인식에 필요한 데이터 처리량이 크다는 단점이 있다.

3D 필기인식은 air writing 이라고도 불리며 사용자의 움직임을 인식할 수 있는 다양한 센서와 결합되어 연구되었다. 특히 MEMS 기술의 발전으로 고성능 저전력 센서가 소형화 됨에 따라 활용도가 높아 가속도 센서, 자이로 센서 등을 사용한 입력 장치에 대한 연

구가 수행되었다[1, 2, 3].

본 연구에서는 3 축 관성 센서를 사용하여 동작 인식 기반 3D 온라인 필기 인식 시스템을 제안한다. 사용자는 펜 형태 또는 손가락 부착 형태의 입력 장치를 사용하여 원격으로 웨어러블 컴퓨팅 기기에 문자를 입력할 수 있다. 장치는 3 축 가속도 센서 (Accelerometer)와 자이로 센서(Gyroscope)로 구성되어 있으며, 블루투스 통신으로 웨어러블 기기에 센서의 동작 데이터를 전달한다. 사용자는 손 또는 손가락에 장치를 부착한 상태에서 필기를 수행하고, 웨어러블 기기에서는 3 축 센서 데이터에서 정보를 추출하여 사용자가 필기한 소문자 알파벳을 인식한다. 3 차원 공간에서 사용자가 필기할 때 발생하는 문자의 기울임이나 왜곡, 겹쳐 쓰기 현상을 고려하여 동작 인식 방식에 기반한 특징점을 추출하고 이를 2 단계 결정 트리의 입력으로 사용하여 문자를 인식한다. 본 연구에서 제안하는 필기 인식 시스템은 완성된 문자의 이미지를 이용하는 방식 대신 필기 진행 방향의 패턴을 사용하여 공간상에서 필기된 문자의 연결 획 및 문자 왜곡 현상을 반영한 알고리즘을 통해 문자를 인식한다.

2. 3차원 온라인 필기인식 시스템

본 연구에서는 사용자가 3 차원 공간에서 필기한 문자를 인식하기 위해 전처리 과정을 통해 센서 데이터를 정제하고 사용자가 가정하고 필기한 가상평면을 찾는다. 다음으로 가속도 센서 데이터를 적분하여 필기 경로를 복원하고 획을 추출하여 문자의 특징점을

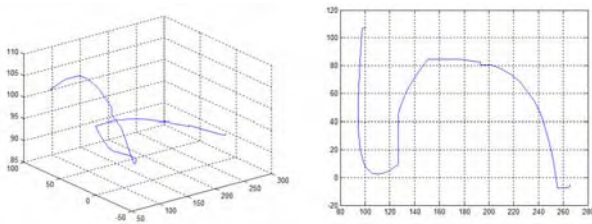
추출한다. 마지막으로 추출한 특징점을 결정 트리의 입력으로 사용하여 문자를 인식한다.

2.1 하드웨어 시스템

3 차원 공간상의 사용자의 필기를 인식하기 위해 3 축 가속도 센서[4]와 무선 통신을 위한 블루투스 모듈 [5]을 사용한다. 센서 모듈은 mini IMU AHRS 로 3 축 가속도 센서 데이터를 4~1000Hz 로 수집한다. 블루투스 모듈은 HC-05 를 사용하며 블루투스 통신을 통해 스마트폰이나 태블릿에 센서 데이터를 전달한다.

2.2 전처리 단계

사용자의 필기로부터 발생한 3 축 가속도 센서 데이터를 정제하고 값을 2 번 적분하여 3 차원 공간 좌표를 추출한다. 이 좌표는 시간 순서대로 배열에 저장된다. 히스토그램과 같이 2 차원 공간상에서 계산되어야 하는 정보를 위해 사용자가 가정하고 있는 가상평면을 찾아 설정한다. 필기 데이터로부터 최소자승법(least square method)을 이용해 가상평면을 찾고, 사원수(quaternion) 회전 [8]을 사용하여 지면에 평행한 2 차원 공간 좌표로 변환한다.



(그림 1) Quaternion rotation 을 이용한 회전(문자 'n')

2.3 특징점 추출 단계

특징점을 추출하기 전에, 필기 문자를 몇 개의 획으로 구분하고, 각 획에 대한 정보를 특징점으로 사용한다. 획을 구분하기 위해서 필기 경로의 기울기 변화 및 자이로 센서 데이터의 변화를 사용한다. 필기 경로 혹은 자이로 센서 데이터의 값이 일정 상수 이상 변하면, 다음 획으로 인식하고 획 구분 점은 따로 저장한다.

다음은 각 특징점을 추출하는 과정과 각 특징점을 설명한다.

- 획 수: 획 수는 획 구분점의 개수에 1 을 더한 것과 같다. 하나의 문자는 사용자의 필기 형태에 따라 다양한 획 수를 가질 수 있다.
- 획의 방향: 필기한 사용자에게 따라 획의 크기와 절대적인 획의 진행방향은 다를 수 있지만 상대적 진행 방향은 비슷한 움직임을 갖는다. 예를 들어, 'w'를 필기하는 경우 사용자는 반시계방향과 시계방향의 움직임을 반복하게 된다. 본 필기 인식 시스템에서는 상대적 진행 방향을 특징 점으로 사용하여, 문자의 기울기나 왜곡에 상관없이 필기 인식이 가능하도록 설계하였다.
- 루프: 소문자 'a', 'b', 'p' 등의 문자는 루프를

포함하고 있다. 어떤 획이 연속적으로 시계방향 또는 반시계방향 중 한 방향으로 계속해서 진행하고, 루프의 시작 좌표와 마지막 좌표의 거리가 일정 거리 이하일 경우 문자 내에 루프를 검출한다. 3 차원 공간에서는 pen up/down 동작이 없기 때문에 2 차원 공간에서의 필기보다 루프가 많이 검출될 수 있다. 또한 루프가 문자의 시작점에 위치하는지, 중간 또는 문자의 필기 마지막에 존재하는지를 포함한 정보를 저장한다.

- 교차점: 문자 내에 교차점이 있는지의 여부를 검출한다. 만약 어떤 문자가 루프를 가지고 있고, 루프 내의 좌표들 중 교차점이 있다면 폐곡선을 포함하는 문자로 간주한다.
- 필기의 수직 성분: 사용자는 3 차원 공간에서 필기 할 때도 2 차원 공간에서 필기하는 것에 익숙해져 있기 때문에 pen up/down 동작과 비슷한 동작을 수행하려는 경향이 있다. 사용자가 'i' 또는 'j'와 같이 문자 내에 따로 떨어져 있는 점을 필기할 때에 사용자가 가정하고 있는 가상 평면에 수직인 움직임을 보인다.
- 수평/수직 히스토그램: 어떤 문자를 필기 한 뒤 가상평면에 정사영 된 좌표를 이용하여 수평/수직 히스토그램을 추출한다. 'UP' 문자는 'p', 'q', 'y'와 같이 문자의 좌표가 문자의 위쪽에 많이 모여있는 문자를 의미한다. 반대로 'DOWN' 문자는 'b', 'd', 'h'와 같이 문자의 아래쪽에 좌표가 모여있는 문자를 의미한다.
- 방사/각도 히스토그램: 방사 히스토그램은 필기한 문자의 중앙으로부터 문자의 경계까지 360 도로 원을 그리며 위치하고 있는 좌표의 개수를 계산하여 얻는다. 각도 히스토그램은 연속된 점들이 이루는 각도를 계산하고 각 각도를 이루고 있는 좌표의 개수를 저장한다.
- 획 구분점의 상대적 위치: 획 구분점의 상대적 위치는 사용자의 동작을 반영한다. 'a'와 'd'는 문자의 필기 진행 방향이 동일하지만 시작점의 상대적 위치는 다르다. 본 필기 인식 시스템에서는 가상평면을 9 개의 지역으로 구분해서 획 구분점의 상대적 위치를 표기한다.

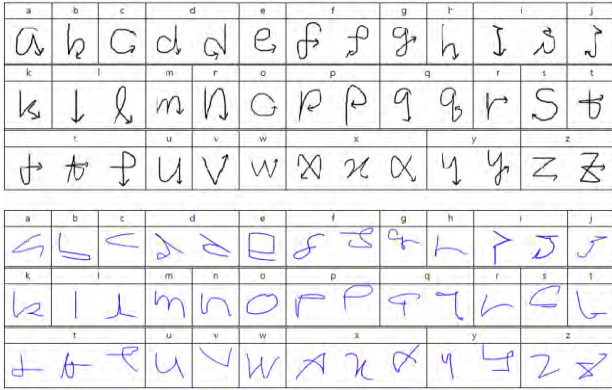
2.4 문자 모델

그림 2 는 본 연구에서 사용한 문자 모델을 보여준다. 하나의 소문자 알파벳이라도 사용자마다 다른 필기 순서와 필기 모양을 갖기 때문에 여러 개의 문자 모델을 반영한다. 또한 같은 문자의 다른 필기 모델은 다른 필기 순서와 획 수를 가진다.

2.5 문자 분류 단계

추출한 특징점을 이용한 결정 트리를 생성하기 위해 먼저 문자 모델을 9 개의 그룹으로 분류한다(표 1). 하나의 문자 모델은 하나 또는 여러 개의 문자 그룹에 속할 수 있다. 따라서 하나의 필기 문자는 여러 개의 문자 그룹에 속할 수 있다. 이러한 그룹은 획의

진행 방향과 순서에 따라서 분류되며 각 문자 그룹은 그룹에 속한 문자를 인식하기 위해 각각의 결정 트리를 가지고 있다. 어떤 문자가 하나의 그룹으로 인식되거나, 여러 개의 그룹으로 인식되면, 각각의 결정 트리는 독립적인 그룹에서 수행된다.



(그림 2) 인식에 사용된 문자 모델(위)과 이에 해당하는 사용자 필기 문자(아래)

<표 1> 문자 그룹

Group	Character model
Group 1	a, d1, e, o, q1, q2, t1
Group 2	b, d2, f1, p1, s, y2
Group 3	h, k, m, n, u, w, x2, y1, z1
Group 4	f1, g
Group 5	z2
Group 6	c, l1, r, v
Group 7	i2, l2, p2, t3, x1
Group 8	x2
Group 9	e, t4

어떤 문자가 하나 이상의 그룹에 포함되면, 각각의 문자 그룹의 결정 트리에 의해서 인식된 문자들은 다른 결과를 출력할 수 있다. 이것은 문자 그룹이 서로 같은 문자 모델을 공유하지 않을 때 발생한다. 예를 들면, 그룹 2와 그룹 7은 같은 획의 진행 방향 순서를 공유할 수 있다. 따라서 본 시스템에서는 2 단계 결정 트리를 구성하고, 1 단계 결정 트리의 출력을 두 번째 결정 트리의 입력으로 사용한다. 2 단계 결정 트리는 1 단계 결정 트리의 결과와 off-line 특징점을 이용하여 구성된다. 만약, 1 단계 문자 그룹에 속하지 않는 문자는 2 단계 결정 트리를 거쳐야만 인식될 수 있는 구성을 갖추고 있다. 결론적으로, 2 단계 결정 트리는 1 단계 결정 트리의 결과와 off-line 특징점을 이용하여 하나의 최종 인식 결과를 도출한다.

3. 실험 및 결과

일반적으로 3D 필기 인식에 관한 연구가 많지 않

았기 때문에 기존 3D 필기 인식에 사용되는 공용 데이터베이스를 선정하기 어려운 점이 존재하여 직접 필기 데이터를 입력하여 데이터를 추출하였다. 3D 필기 데이터베이스를 구성하기 위해 여러 명의 사용자에게 미리 구성한 인터페이스를 사용하여 센서를 이용하여 필기를 입력 받을 수 있었다. 제안한 3D 필기 인식 시스템의 성능을 평가하기 위해 10 명의 사용자에게 3 번의 영문 소문자 알파벳을 필기하게 하였고, 인식률을 얻기 위해 각 문자마다 30 개의 필기를 사용하였다. 모든 좌표 데이터는 디스플레이에 표시할 수 있는 사용 가능한 범위의 좌표로 변환하여 사용하였다.

그룹 4, 5, 8, 9에 속하는 문자는 높은 인식률을 보였다. 이는 'e', 'f1', 'g', 'z2' 등의 문자가 다른 문자와 구분되는 획 진행 방향을 가지고 있기 때문이다. 인식의 오류가 발생한 필기 문자의 경우 다른 문자와 획 진행방향이 비슷할 때 발생하였다. 필기 문자의 획 수가 많은 문자가 적은 문자보다 인식률이 높았는데 이는 획 진행 순서 정보 및 좌표 데이터가 많아서 서로 비슷한 문자 사이에서 구분할 수 있는 특징점의 수가 늘어나기 때문에 사용자 필기 형태에 덜 민감한 결과를 보였다.

그림 3은 문자의 기울기나 문자가 겹쳐서 필기되었을 때에도 올바르게 인식된 예를 보여준다. 필기된 문자를 2 차원 평면으로 정사영시키거나 회전시켰을 때 's'는 루프를 가질 수 있다. 본 시스템에서는 3D 좌표 상에서 획을 인식한 뒤, 획의 상대적 각도를 사용하기 때문에 기울임 보정 과정 없이 기울어진 문자를 분류할 수 있다. 또한 문자가 겹쳐 쓰이는 것도 허용하기 때문에 공간 상에서 필기할 때 경로를 확인할 수 없는 필기 환경을 반영한다고 할 수 있다.



(그림 3) 올바르게 인식된 문자('s', 'd', 'm')



(그림 4) 사용자가 필기한 'f'의 예. 왼쪽 필기는 f1으로 인식되었으며 오른쪽 필기는 x3로 인식됨.

그림 5는 각 문자의 인식 결과를 나타낸다. 각 열은 사용자가 의도한 필기 문자를 뜻하며, 행은 인식된 결과를 나타낸다. 780 개의 문자 중 사용자가 의도한 문자와 684 개가 일치했으며 인식률은 10 명의 사용자 필기로부터 87.69%의 인식률을 얻었다.

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z	
a	27		1						1										1						1	2	
b		27																									
c			26																								4
d				24																		2			3	1	
e					29											1		1							3	3	
f						23																					
g							29														1						
h								27													1				1		2
i		1	1						22												1				3		2
j									1	27																	1
k											23																4
l												27															
m													29														
n														26													1
o					1										26							1					1
p										1						25						1					3
q	2										1																
r																											
s																											
t																											
u																											
v																											
w																											
x																											
y																											
z																											

(그림 5) 문자 인식 결과

4. 결론

본 논문에서는 3 축 관성 센서로 구성된 입력장치를 사용하여 웨어러블 장치의 입력 인터페이스로 사용할 수 있는 3D 필기 인식 시스템을 제안하였다. 필기 문자를 인식하기 위해서 동작 인식 기반 온라인 특징점과 히스토그램을 비롯한 오프라인 특징점들을 추출하여 사용함으로써 문자의 왜곡된 모양과 기울임에 상관없이 문자를 인식할 수 있도록 연구하였다. 제안한 시스템은 실험을 통해 미래 웨어러블 또는 스마트 기기의 원격입력장치로써 제안한 3D 필기 인식 시스템을 사용할 수 있음을 보여준다. 향후 3D 필기 인식 시스템을 더욱 많은 데이터베이스가 존재하고 알파벳 대문자, 한글, 특수문자 등을 포함하도록 문자를 확대한다면 더욱 활용성이 높아질 수 있으며 웨어러블 장치의 입력시스템으로 발전할 수 있을 것으로 기대한다.

참고문헌

- [1] Won-Chul Bang, Wook Chang, Kyeong-Ho Kang, Eun-Seok Choi, Potanin, A., Dong-Yoon Kim. "Self-contained spatial input device for wearable computers". Wearable Computers, 2003
- [2] Sung-Do Choi, Lee, A.S., Soo-Young Lee. "On-Line Handwritten Character Recognition with 3D Accelerometer," Information Acquisition, 2006 IEEE International Conference on, pp.845,850, 2006
- [3] Amma, C., Gehrig, D., and Schultz, T. "Airwriting recognition using wearable motion sensors". In Proc. Augmented Human Conf., ACM Press, 2010.
- [4] IMU/AHRS P2236, http://hanjindata.blogspot.org/sensor/IMU_AHRS_10DOF/miniAHRS_Instructions.pdf
- [5] HC-05, http://hanjindata.blogspot.org/communication/bluetooth/Master/Master_Slave.pdf
- [6] Google Glass, <http://www.google.com/glass/start/>
- [7] Samsung Gear, <http://www.samsung.com/sec/galaxynote3/gear.html>
- [8] J. B. Kuipers. "Quaternions and Rotation Sequences", Princeton Univ. Press, 1999