

# 테이블-탑 디스플레이 기반의 온라인 필기 문자인식을 위한 전처리 기법

김지웅, 김의철, 김수형  
전남대학교 전자컴퓨터공학과  
e-mail: haesanjin2@naver.com

## Preprocessing Techniques for On-Line Handwritten Character Recognition based on Table-Top Display

Ji-Woong Kim, Eui-Chul Kim, Soo-Hyung Kim  
Department of Electronics and Computer Engineering, Chonnam National University

### 요 약

최근에 인간과 컴퓨터의 상호작용을 위한 입력장치 중 테이블-탑 디스플레이라는 멀티터치 입력장치가 활발히 연구되고 있다. 본 논문에서는 테이블-탑 디스플레이라는 환경에서 인간에게 가장 직관적인 도구인 손을 사용하여 입력된 온라인 필기 숫자를 전처리하는 방법을 제안한다. 테이블-탑 디스플레이 환경에 적합한 전처리 기법으로 대표점 추출을 위한 거리 필터링과 획 구분 및 잡음제거 등을 사용하였고, 데이터를 16방향 체인코드로 변환하였다. 이는 실제 필기운동 시의 궤적을 크게 왜곡 시키지 않으면서 테이블-탑 디스플레이가 갖는 환경에 기인한 잡음을 없애고, 데이터양을 줄일 수 있는 장점이 있다. 총450개의 필기 숫자 데이터를 사용하여 실험한 결과, 잡음이 제거되고 데이터양이 줄어들었으며 인식에 용이한 체인코드를 형성해 내었다.

### 1. 서론

인간과 컴퓨터 사이의 인터페이스 문제를 다루는 HCI(Human-Computer Interaction)의 분야는 정보화 사회의 진전에 따라 점점 더 중요한 사항으로 등장하고 있으며 연구가 활발히 이루어지고 있다. 이에 따라 인간에게 친숙한 인터페이스를 제공하는 여러 종류의 입력 장치가 개발되고 있다. 그중에서도 테이블-탑 디스플레이(Table Top Display)는 가장 직관적인 도구인 손을 사용하여 인간과 컴퓨터의 상호작용을 뛰어넘어 인간과 인간의 협동적 상호작용까지 구현할 수 있는 가장 적합한 시스템이다. 마우스나 키보드와 같은 장치로는 할 수 없는 부분을 손을 이용하여 테이블 상에서 상호간의 의사소통 및 시스템 제어를 통해 인간과 인간의 협동적인 상호작용을 가능하게 한다[1].

및 접촉된 손가락의 위치와 움직임 정보를 추출하게 된다 [1]. 이 추출된 정보를 미리 규정되어 있는 필기 데이터의 좌표값과 비교하여 어떤 데이터인지 해당 사용자의 의도를 인식하게 된다. <그림 1>은 실제로 연구가 수행된 프로토타입(Prototype) 테이블-탑 디스플레이의 유저인터페이스 환경을 보여주고 있다.

온라인 필기 숫자인식 시스템에서와 마찬가지로, 테이블-탑 디스플레이를 통해서 입력된 필기 숫자는 환경에 기인한 하드웨어적 잡음이나, 많은 변형을 포함하게 되어 그대로 사용하기엔 곤란하다. 이에 필기 입력 데이터로부터 잡음을 제거하고 인식에 필요한 데이터로 변환하여 인식 단계로 보내는 전처리 과정이 필수적이다. 전처리 단계의 알고리즘은 인식률을 높이고 인식 단계에서의 데이터 처리량을 줄이기 위하여, 필기 입력 데이터로부터 잡음을 제거하고 인식에 필요한 데이터로 변환하여 인식 단계로 보내는 역할을 한다. 전처리는 인식 단계에서 사용하는 알고리즘과 큰 상관관계가 있으며, 전체 인식 시스템의 처리속도와 인식률에 영향을 미친다. 따라서 전처리는 인식 단계 못지않게 중요하다.

본 논문에서는 테이블-탑 디스플레이라는 새로운 환경에서 입력한 필기 숫자 데이터의 잡음을 효과적으로 제거하고, 처리속도를 높이기 위해 데이터양을 줄이고, 인식에 필요한 방향 성분 특성을 추출하여 인식에 용이한 체인코드를 얻는 것을 목표로 하는 온라인 필기체 숫자인식 시스템의 전처리 방법을 제안한다. 논문의 구성은 다음과 같

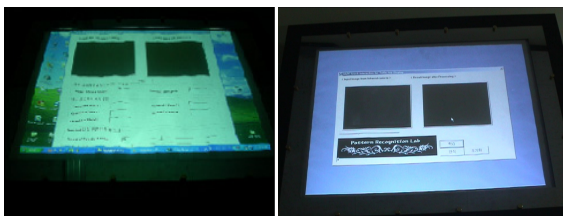


그림 1. 데이터수집 유저인터페이스(좌)  
필기 숫자인식 유저인터페이스(우)

테이블-탑 디스플레이 기술은 카메라 또는 센서로부터 손가락의 터치 정보를 취득하고, 이로부터 사용자의 감지

다. 2장에서는 시스템의 구성에 대하여 소개하고, 3장에서는 본 시스템에서 제안한 전처리 방법을 서술한다. 4장에서는 실험결과를 분석하고, 5장에서는 결론 및 앞으로의 연구 방향에 관하여 논한다.

## 2. 시스템의 구성

테이블-탑 디스플레이 환경에서의 필기 숫자 인식 시스템의 전체적인 구성은 <그림 2>와 같다. 테이블-탑 디스플레이에서 임의의 필기 데이터가 입력되면, 일련의 전처리 과정을 거쳐 HMM[6]같은 인식기를 이용하여 입력된 숫자를 인식 해낸다. 본 논문에서는 이러한 시스템에서 보다 정확한 인식을 위해 필수적인 단계인 효과적 전처리 기법을 제안한다.

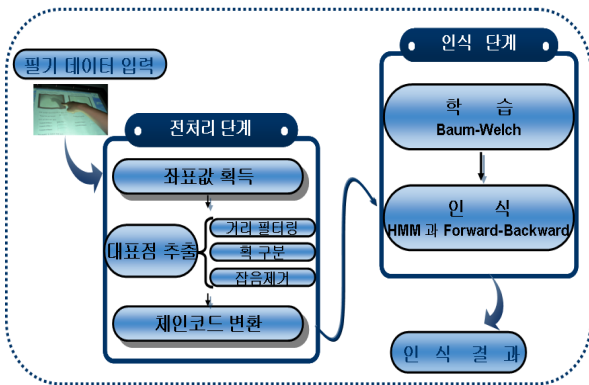


그림 2. 온라인 필기숫자 인식 시스템 구성도

일반적인 전처리 기법으로는 외부분리[2], 잡음제거[3], 정규화, 대표점 추출[3] 등이 있다.

## 3. 전처리 방법

테이블-탑 디스플레이 환경에서 획득한 필기 숫자 데이터는 일반적으로 다음과 같은 문제점들을 발견할 수 있다. 먼저, 필기 숫자의 시작 부분과 마지막 부분, 필기 방향이 바뀌는 굴곡 부분에 점들이 몰려있는 문제점이 존재한다. 이는 필기자의 필기 속도와 필기 습관에 기인한 것이다. 또 다른 문제점으로, 시간의 경과로 볼 때 입력의 시작 시점이나 종결 시점에서 하드웨어적 잡음이 생기게 되는데, 이는 테이블-탑 디스플레이가 빛이나 액체, 환경의 변화에 영향을 받기 때문에 생기는 것이다. 본 논문에서는 이러한 문제점들을 해결하기 위해, 거리 필터링 방법과 획 구분 및 잡음제거 등의 대표점 추출을 위한 전처리 방법을 제안한다. 이러한 일련의 과정을 거친 후, 최종적으로 인식에 필요한 방향 성분 특성으로 구성된 체인코드(Chain-Code)를 얻는다.

### 3.1 좌표값 획득

손에 의해 연속적으로 입력된 테이블-탑 디스플레이상의 필기 입력 데이터는 일련의 (x, y) 좌표열로 구성되어

진다. 이때 필기 숫자는 손끝이 테이블-탑 디스플레이 면에 눌러진 때부터 떨어질 때까지 손의 이동 경로를 따라 샘플링되어 입력된 좌표열로 정의된다. <그림 3>은 실제 입력된 숫자 데이터에서 (x, y) 좌표열의 예를 보여준다.

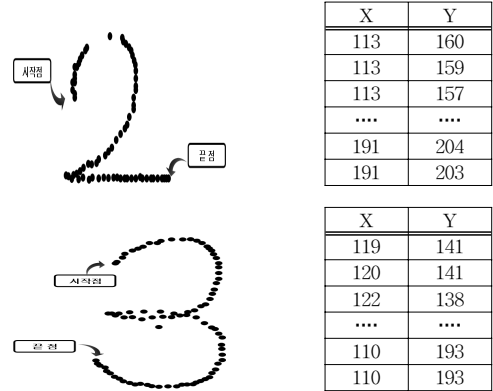


그림 3. 실제 필기입력 데이터(좌) 좌표열 데이터(우)

### 3.2 대표점 추출

문자의 형태를 보존하는 최소의 대표점을 찾아 데이터 처리량을 줄임으로써 인식 속도를 향상시키고, 동시에 인식률을 높이기 위한 방법으로 대표점을 추출한다. 대표점 추출 방법에는 여러 가지가 있으나, 사용하는 인식 시스템에 따라 필요한 대표점의 성질이 다르므로 그에 맞는 적절한 방법을 사용하는 것이 요구된다[2]. 테이블-탑 디스플레이 환경에서 인식 시 데이터의 양을 줄이기 위해, 거리 필터링, 획 구분, 잡음제거를 통하여 대표점을 추출하고, 필기 숫자의 형태를 보존한다.

#### 3.2.1 거리 필터링

테이블-탑 디스플레이에서 필기자가 극단적으로 느리거나 필기 도중 잠시 멈춘 경우, 입력 장치의 최소 해상도보다 작은 점들이 어느 일정 위치에 밀집하게 된다. 또는 점 사이의 간격이 일정거리 이상으로 떨어진 경우도 있다. 이들 점간의 거리를 일정하게 재조정 시키는 작업을 거리 필터링(Distance Filtering) 이라한다[2].

본 논문에서는 거리 필터링을 위해 두 점을 병합하는 방식을 사용한다. 시간에 따라 순차적으로 얻어지는 좌표값 데이터를 (식 1)을 이용하여 좌표값들 간의 거리비교를 수행함으로써, 이를 재조정 한다.

$$(\alpha)^2 \leq (X_i - X_{i+1})^2 + (Y_i - Y_{i+1})^2 \leq (\delta)^2 \text{---(식 1)}$$

$$X_2 - \frac{(X_2 - X_1)}{2}, Y_2 - \frac{(Y_2 - Y_1)}{2} \text{---(식 2)}$$

여기서  $(X_i, Y_i)$ 는  $i$ 번째 시간에서의 좌표값을 말하며,  $(X_{i+1}, Y_{i+1})$ 는  $i+1$ 번째 시간에서의 좌표값을 말한다.  $\alpha$ 는 표본화 최소치를 나타내며,  $\delta$ 는 표본화 최대치를 나타

낸다. 반복 실험을 통해 최적의 임계값  $\alpha$ 와  $\delta$ 를 결정한다. 임계값들을 결정한 후, 거리가  $(\alpha)^2$ 값보다 작으면 중복점과 근접점을 제거하여 병합한다. 그렇지 않고 거리가  $(\delta)^2$ 값보다 크면 다른 확인지, 잡음인지를 판별하고, 잡음이면 제거한다. 거리가  $(\alpha)^2$ 와  $(\delta)^2$  사이 값일 경우에는 (식 2)를 이용하여 점들 간 거리의 평균값에 해당하는 위치에 새로운 점을 생성함으로써 멀리 떨어져 있는 점들을 분할한다. 이러한, 병합 및 분할 방법을 통해 데이터를 일정하게 분산시킴으로써 인식을 더욱 용이하게 만든다. <그림 4>는 실제 숫자 '8'에 대한 입력 데이터에 병합 및 분할 과정을 수행한 결과를 보여준다. <그림 4>의 (a)는 입력 데이터로써, 필기 숫자 '8'의 시작 부분과 마지막 부분, 필기 방향이 바뀌는 굴곡부분에 점들이 밀집되어 있는 것을 볼 수 있다. (b)는 거리 필터링 과정을 보여주는 예이다. (c)는 거리 필터링을 수행한 처리결과이다.

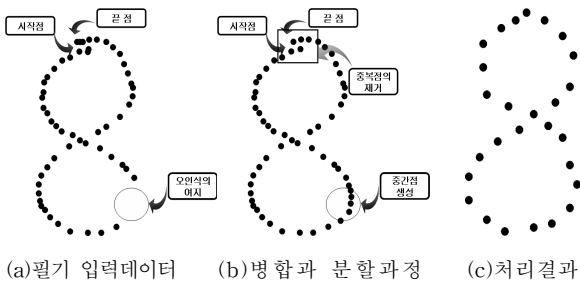


그림 4. 병합과 분할의 처리 과정

3.2.2 획 구분

중간점 분할을 수행 시에 <그림 5>와 같이 2획 이상으로 구성된 특정 필기 숫자는 제 1획의 끝점과 제 2획의 시작점을 하나의 연결된 획으로 오 인식하여, 중간점을 생성하는 문제점이 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 획의 구분과정이 필요하다. <그림 5>는 획 필기 입력 시, 순차적으로 입력되고 있는 좌표 열에서 다음 좌표까지의 거리가 임계값으로 설정해 놓은 거리 값보다 높은 경우, 획의 구분을 하게 된다[5].

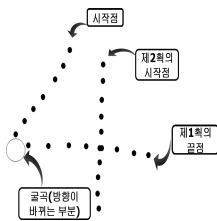


그림 5. 획 구분

3.2.3 잡음제거

획을 구분하는 과정에서 임계값 이상의 거리에 잡음이 발생하게 되면, 잡음을 하나의 획으로 구분하는 문제가 발생하게 된다. 이 문제를 해결하기 위해, 본 논문에서는 <그림 6>과 같이 임계값 이상의 좌표일 경우, 연속으로 입력되는 점의 수를 세어 기준보다 작은 수이면 잡음으로

간주하여 제거하는 방법[5]을 사용한다.

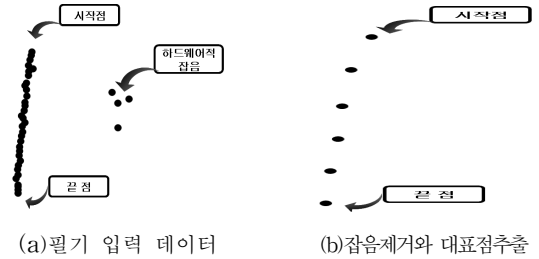


그림 6. 잡음제거와 대표점 추출 결과

3.3 체인코드 변환

Freeman의 체인 코드는 임의의 한 점에서 시작하여 점 간의 연결 상태에 따라 경계선을 일정한 방향으로 연속한 기본방향코드들의 리스트로 표시한다[4]. 본 논문에서 사용한 <그림 7>과 같은 16방향 체인코드는 각 16방향의 기울기 값을 지정해주고, 같은 기울기 값을 음과 양의 방향을 구분하는 방식을 이용한다. 추출된 대표점간의 기울기 값을 구한다음, 기울기 값과 방향 값을 미리 지정되어 있는 값과 비교분석하여 체인코드를 생성해 낸다[4].

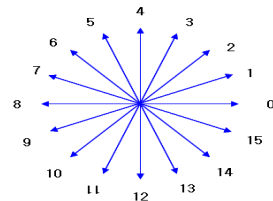


그림 7. 16-방향 체인코드

<그림 8>은 숫자 '9'에 대한 입력 데이터에 대해 전처리 과정을 통해 추출된 대표점과 이들 간의 방향 및 체인코드를 표시한 예를 보여준 것이다.

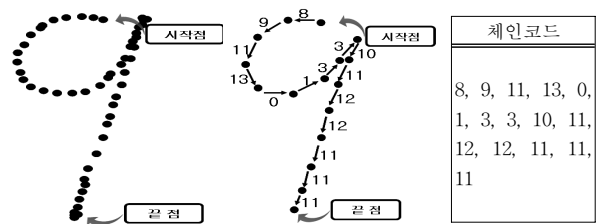






















그림 8. 체인코드 변환 과정

4. 실험환경 및 결과

본 실험에 Dell intel(R) core(TM) 2 CPU 4300, 1.00GB RAM을 사용하였으며, 알고리즘은 C-language를 사용하여 구현하였다. 데이터 입력장치로는 초당 30프레임의 샘플링 속도를 갖는, 프로토타입 테이블-탑 디스플레이(가로=660mm, 세로=510mm)를 사용하였다. 실험을 위해 숫자 (0~9)를 각각 45개씩 총 450개를 획득하였다. 또한, 필기자에게 정상적인 필기방법으로 정체를 쓸 것을 요구하였다.

표 1. 입력 데이터의 체인코드 변환 결과

| 번호  | 입력 데이터  | 전처리 결과  | 체인 코드   |
|-----|---|---|---|
| 0_1 |    |    | 13, 13, 14, 0,<br>1, 2, 3, 4, 4,<br>5, 7, ..., 13   |
| 0_2 |    |    | 12, 12, 12, 14,<br>15, 0, 2, 3, 4,<br>5, 5, ..., 12 |
| ... | ...   | ...   | ...   |
| 2_1 |    |    | 4, 3, 2, 1, 15,<br>14, 13, 12, 11,<br>10, 9, ..., 0 |
| 2_2 |    |    | 3, 1, 0, 13,<br>12, 12, 11, 10,<br>10, 9, ..., 0    |
| 3_1 |    |    | 2, 1, 0, 15,<br>13, 11, 10, 9,<br>8, 8, 0, ..., 6   |
| 3_2 |    |    | 2, 1, 0, 0, 15,<br>14, 12, 11, 10,<br>10, 9, ..., 0 |
| ... | ...   | ...   | ...   |
| 7_1 |   |   | 3, 3, 3, 0, 0,<br>0, 0, 11, 11,<br>11, 10, ..., 11  |
| 7_2 |  |  | 3, 3, 0, 0, 0,<br>0, 11, 11, 11,<br>11, 11, ..., 11 |
| 8_1 |  |  | 9, 10, 12, 12,<br>15, 14, 14, 14,<br>13, 12, ..., 7 |
| 8_2 |  |  | 8, 9, 10, 12,<br>13, 14, 14, 13,<br>13, 12, ..., 7  |
| ... | ...   | ...   | ...   |

<표 1>은 각 숫자별 10개씩의 데이터 중 2개에 대한 수행결과를 보여준다. 실험결과, 같은 숫자는 비슷한 방향 성분을 보여주는 것을 알 수 있다. 전처리 결과 데이터는 중요좌표 값만을 포함하는 데이터로 만들어졌으며, 잡음이 제거되고 데이터양이 줄어들었음을 확인 할 수 있었다. 또한, 중요좌표 값을 포함하는 데이터를 인식에 적합하게 체인코드로 변환함으로써 인식이 용이하도록 변환하였다. 그 결과 실제 필기체적을 크게 왜곡시키지 않았다. 난폭점 제거를 매끄럽게 하지 못한 결과의 예로는 번호(0\_2, 3\_2, 7\_2)를 들 수 있는데, 번호(3\_2)와 같은 경우에는 잡음으로 인하여 동그라미로 표시한 부분에 분할의 오류를 보였다.

**5. 결론**

온라인 필기 문자 인식 시스템의 전처리 과정은 입력장치, 인식 방법, 그리고 인식 대상에 따라 다르게 구성되어야 한다. 그러므로 전처리 과정을 구성하기 위해서는 입력장치, 인식 방법, 인식 대상에 대한 고찰이 선행되어야 한다. 본 논문에서는 테이블-탑 디스플레이 환경에서 숫자

를 필기하고, 실시간으로 숫자를 인식하는데 필요한 전처리 과정을 제안하고, 이에 대한 성능을 실험을 통해 살펴 보았다. 전처리 후의 필기 숫자 데이터는 대표점들로만 구성되어 적은 양으로 감소되었음을 알 수 있었으며, 대표점들을 연결한 연속된 좌표 값들의 경로는 실제 필기 운동시의 손 경로를 크게 왜곡 시키지 않았음을 실험을 통해 증명하였다.

현재 테이블-탑 디스플레이 환경에서의 입력데이터는 빛과 물기에 민감하게 반응하여 환경적 요인에 기인한 잡음을 포함한다. 따라서 다양한 환경에서 발생한 하드웨어적 잡음을 개선할 수 있는 연구가 필요하다. 또한, 테이블-탑 디스플레이 환경에서 숫자 이외에도 문자 데이터를 다양하게 확보하여 각 인식 대상에 따라 적절한 전처리에 대한 실험도 필요하다.

제안 방법은 실험을 통해 테이블-탑 디스플레이 환경에서 필기 숫자를 인식하는 시스템에 효과적으로 적용되는 것을 알 수 있었다. 그러나 일부 숫자에서 기울기값과 방향값에 따른 오류, 먼 거리의 난폭점 제거를 매끄럽게 하지 못하는 오류 등을 개선 할 수 있는 추가적인 연구가 필요하다. 이러한 문제점들이 개선된다면 향후, 본 논문에서 제안한 전처리 방법을 이용해 테이블-탑 디스플레이의 다양한 환경에서도 효과적인 인식이 가능하도록 하여, 교육용 전자 산수 노트와 같은 다양한 응용 기술을 개발할 수 있다.

**Acknowledgement**

본 연구는 문화관광부 및 한국문화콘텐츠진흥원이 주관하는 전남대학교 문화 콘텐츠 기술 연구소 육성사업의 연구비 지원에 의해 수행되었음

**참고문헌**

[1] 김송국, 이철우, “멀티터치를 위한 테이블-탑 디스플레이 기술 동향,” 한국 콘텐츠학회 논문지 제 7권 제 2호, pp.84~91, 2007.

[2] 이항미, 박성재, 송영길, 박진열, 이은주, 김태균, “On-Line 한글 인식을 위한 전처리 기법에 관한 연구,” 제 2회 인공지능, 신경망 및 퍼지시스템 종합학술대회 논문집, pp. 180~189, 1992.

[3] 구분석, 김성훈, 김재희 “On-Line 문자 인식에서의 Preprocessing 알고리즘,” 한국통신학회 추계종합학술 발표회 논문집, pp. 285~288, 1990.

[4] 김형태, 하진영, “온라인 필기 한자인식을 위한 체인코드열과 구조코드열의 성능평가,” 한국정보과학회 가을 학술발표논문집, 제 33권 제 2호(B), pp. 402~407, 2006.

[5] R. Plamondon and F. Nouboud, “On-Line Character Recognition System Using String Comparison Processor,” Proc. 10th Int. Conf. on Pattern Recognition, Atlantic City, USA, pp. 460~463, 1990.

[6] 신봉기, 김진형, “은닉 마르코프 모델을 이용한 온라인 한글 인식,” 한국통신학회 워크샵 제 1권, pp. 189~194, 1993.