

# 순차적 정렬을 이용한 필기 인터페이스 기반의 계산기 구현

강경완, 김보중, 정성환  
창원대학교 컴퓨터공학과

## Implementation of Hand Writing Interface-based Calculator Using Sequential Ordering

Kyoungwan Kang, Bojoong Kim, Sunghwan Jung  
Dept. of Computer Engineering, Changwon Nat'l University

### 요약

본 논문에서는 필기수식의 인식 및 계산을 목적으로 입력 필기수식의 심볼별 분리 및 순차적 정렬 후 인식하는 알고리즘을 제안한다. 제안된 방법은 온라인 필기인식의 특징인 실시간 개념을 이용하여 태블릿 상에서 입력받은 수식의 픽셀별 좌표를 입력받아서 분리 과정을 수행 한 후, 필기 순서와 무관한 순차적인 하나의 완성된 수식을 제공한다. 다음으로 통계적 패턴 정합 및 숫자별 특정 가중치를 이용하여 완성된 수식을 인식하고 계산 결과를 출력한다. 본 모듈은 PDA에 임베디드를 목적으로 구현하였으며, 여러 검증과정을 통해 약 98%의 인식을 향상을 얻을 수 있었다.

### 1. 서론

일반적으로 사람들은 의사전달을 위해 말이나 글자 또는 그림을 이용한다. 컴퓨터와 사용자간의 의사전달을 위해서는 키보드를 이용하여 미리 약속된 기호를 입력한다. 그러나 이것은 사용자와 컴퓨터와의 인터페이스에서 많은 불편을 느끼는 요인이라 할 수 있다. 만약, 컴퓨터가 말소리와 같은 음성 정보나 글자와 같은 시각 정보를 입력으로 받아들일 수 있다면, 대부분의 사람들은 쉽게 컴퓨터를 사용할 수 있는 장점이 있다.

이에 따라 필기 인터페이스를 기반으로 한 온라인 문자인식의 관심이 1980년대에 접어들면서 크게 고조되었고, 이에 따른 기존 연구도 활발히 진행 중이다[1]. 필기 인터페이스는 펜을 입력의 주요 수단으로 사용함으로써, '전자 종이'를 실현하는 것이다. 따라서 사용자가 필기 시에 제약을 받거나 불편함을 느끼지 않도록, 자연스러운 필기의 처리를 목표로 하고 있다[3].

일반적으로 필기 시에는 한 글자뿐만 아니라 여

러 글자로 구성된 단어가 입력된다. 따라서 이러한 연속 필기 입력을 처리 할 수 있는 인식기의 개발이 필요하다. 이에 따라, 혼용 필기 인식 네트워크의 구조에 글자간의 연결 획 부분의 모델을 추가하여 순환적인 네트워크를 구성한다. 이는 문자 분할(character segmentation) 문제에 대해 인식과 분리를 동시에 처리하는 내부 분할(internal segmentation) 방법을 사용한다[2]. 그러나 이 방법은 쓰기에 있어 한 방향성을 가지는 단어와 문장 등에 효율적이지만, 본 논문의 목적인 무순서 입력의 수식의 인식을 위한 계산기 인터페이스에는 무리가 따른다.

따라서, 본 논문에서는 태블릿 PC 및 PDA에서 사용할 목적으로 무순서적으로 입력된 필기 인터페이스 기반의 계산기를 구현하고자 한다.

서론에 이어 2장에는 제안한 입력 수식의 분리 및 순차적 정렬 방법과 숫자 인식 방법을 서술하고, 3장에서는 그 방법을 이용하여 나온 실험 결과를 보여준다. 마지막으로 4장에서는 결론과 함께 향후 연구 계획에 대하여 기술한다.

## 2. 수식의 순차적 정렬 및 인식 방법

문자 인식 알고리즘에는 크게 온라인 필기 인식과 오프라인 필기 인식으로 나눌 수 있다. 온라인 필기 인식의 경우, 시간적 제약을 받는 정보의 구조를 은닉 마르코프 모델을 이용한 온라인 필기인식에 관한 관련 연구가 활발하다[2]. 하지만 이 방법은 좌우 공간의 무제한적 필기에 적용하기에 한계가 있다.

따라서 본 논문에서는 숫자 분할 및 정렬과정은 온라인의 이점을 이용하고, 인식 과정에서는 오프라인에 기초한 특징점의 통계적 추출에 기반한 심볼의 순차적 인식에 기반한다.

다음 그림1은 본 연구에서 제안한 순차적 정렬을 이용한 무순서 필기 인터페이스 기반의 계산기 알고리즘의 블록도 이다.

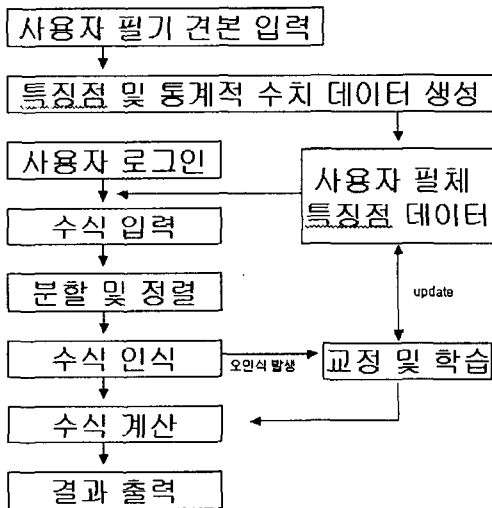


그림 1. 수식인식 계산기 전체 순서도

### 2.1 숫자 분할 및 정렬방법

전처리 과정으로 사용자 개인의 필기 특성을 고려하여 인식을 향상과 사용자 편의를 위하여 특정 사용자의 필체를 시스템에 학습시킨다.

수식 분할 및 정렬 과정에서는 태블릿이나 PDA로부터 입력한 수식은 그 특성상 겹쳐지는 경우가 많이 발생한다. 따라서 사용자가 임의로 입력한 수식에 대해 겹쳐진 숫자들은 잘 분리해야만 오인식률을 줄일 수가 있다. 그러므로, 입력

숫자의 분리과정은 인식을 확보에 있어 매우 중요하다. 따라서 숫자 분리 및 정렬 과정을 위해 쓰여진 시간에 따른 온라인상의 정보가 필요하게 된다.

숫자를 적을 때 펜을 붙이는 이벤트와 떼는 이벤트를 감지하여 현재 쓰여진 획의 좌표를 배열에 저장한다. 저장된 정보는 왼쪽 끝과 오른쪽 끝의 Y 좌표를 생성하고 다음 쓰여지는 획의 Y 좌표와의 포함 여부를 판단하여 한 획으로 이루어지는 숫자의 경우는 겹쳐짐을 분리하고 두 획 이상으로 이루어지는 숫자 및 기호의 경우는 하나의 심볼로 인정하게 된다.

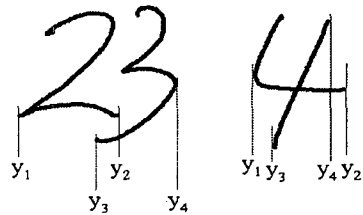


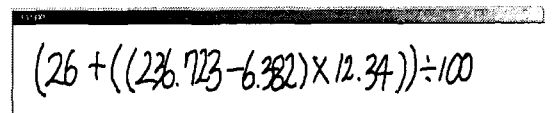
그림 2. 획수에 따른 분할 후보

그림 2와 같이 숫자 2 와 3이 겹쳐지는 경우 ( $y_2 \sim y_3$ )와 4와 같이 앞의 획과 뒤의 획이 겹쳐지지만 하나의 숫자를 이루는 경우의 예이다. 따라서 2와 3은 분리되어야 하지만 4에서는 하나의 숫자이므로 첫 번째 획과 두 번째 획이 분리되면 안 된다.

이는 각 획간의 좌표분석 후 포함여부로 판단할 수 있다. (식 1)은 심볼의 분할 여부를 나타낸 것이다. 아래의  $y_i$ 는 획별  $y$  좌표이다.

$$\text{if } \frac{y_2 - y_3}{|y_4 - y_3|} \leq k \text{ then Divide. (식 1)}$$

본 연구에서는 통계치( $k=0.476$ )는 5명의 일반 user 에게 50개씩의 자유 수식을 작성하게 한 결과 실험을 통해서 산출하였다.



(a) 글자 분리 및 정렬 전

$$(26 + ((236.723 - 6.382) \times 12.34)) \div 100$$

(b) 글자분리 및 정렬 후  
그림 3. 글자 분리 및 정렬 과정

분리 및 정합된 수식은 최 좌측 좌표의 심볼을 기준으로 다시 한번 순차적 정렬 과정을 가진다. 그림 3은 실제 어플리케이션 상에서 겹쳐진 입력 수식에 대하여 분리 및 정렬을 실행한 후의 결과이다.

### 2.2 숫자 인식 방법

다음은 통계적 특징점 추출을 위한 방법이다. 입력 획은 필기체의 특성상 정형화되지 않은 길이와 각도를 가지며 여러 가지 형태의 출림이 가미될 수 있다. 그러므로 입력 획의 좌표 데이터 열에서 불필요한 정보의 양을 줄이기 위해 특징점을 인식의 기본단위로 이용한다[3, 4].

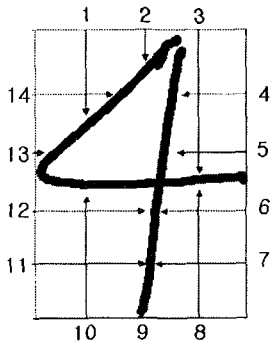


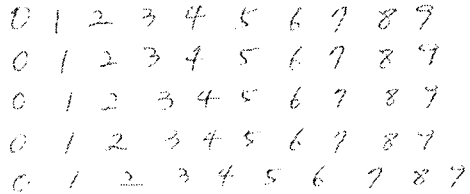
그림 4. 특징점 데이터 추출을 위한 읍셋

그림4는 특징점 데이터 추출을 위한 14개의 읍셋의 위치이다. 각 읍셋은 해당위치에서 문자와 만나는 지점까지의 길이이다.

식2는 특징점 데이터를 구하는 식이다. 특징점 데이터( $S_i$ )는 각 읍셋( $O_n$ )을 더하여 실험에서 사용된 user의 필기 건본의 라인 수( $L$ )로 나눈 것이다.

$$S_i = \frac{\sum_{n=1}^L O_n}{L} \quad (\text{식 } 2)$$

그림 5는 특정 user의 필기 건본( $L=5$ ) 및 특징점 데이터이다. 인식하고자 하는 숫자 및 심볼은 user 필체 데이터와 통계치를 비교하여, 유사도를 계산하고 최대 4개의 예상후보를 추출한다. 각각의 후보들은 방향세그먼트의 특징점 조합 후 하나의 문자를 추출하게 된다.



(2.11, 0.00, 2.44, 2.11, 0.00, 0.00, 2.11, 2.22, 0.00, 2.00, 2.11, 0.00, 0.00, 2.11)	0
(0.56, 2.56, 10.07, 7.54, 2.54, 2.56, 2.56, 0.22, 12.11, 10.00, 0.70, 0.70, 0.70, 5.70)	1
(2.00, 0.00, 1.22, 0.67, 2.22, 10.22, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 2.00, 15.70, 2.00, 1.70)	2
(1.22, 0.00, 1.11, 1.22, 5.11, 0.00, 0.11, 1.11, 0.00, 0.00, 0.11, 22.22, 17.54, 1.00)	3
(10.22, 7.22, 7.22, 0.00, 6.22, 5.56, 6.22, 0.00, 5.22, 12.11, 10.00, 2.22, 7.00, 11.00)	4
(0.56, 0.00, 0.00, 10.00, 6.22, 0.11, 1.00, 1.00, 0.10, 0.10, 0.22, 20.11, 2.22, 2.00)	5
(0.20, 0.00, 2.22, 2.11, 6.22, 0.11, 0.00, 1.22, 0.00, 1.22, 1.00, 0.00, 0.00, 2.00)	6
(0.22, 0.22, 0.22, 2.00, 0.56, 12.00, 15.11, 0.20, 0.67, 10.67, 0.00, 15.56, 15.00, 0.10)	7
(1.00, 0.00, 1.00, 1.56, 0.70, 1.07, 0.11, 1.00, 0.00, 0.00, 1.70, 0.70, 1.50)	8
(1.56, 0.00, 1.00, 1.11, 0.00, 0.56, 3.22, 0.70, 0.00, 2.22, 0.70, 5.22, 0.20, 0.67)	9

그림 5. 특정 user 필기 건본 및 특징점 데이터

또한 인식률을 높이기 위하여, 그림 6과 같이 8방향 특징 데이터를 추출하여 인식에 추가로 사용할 수 있다.

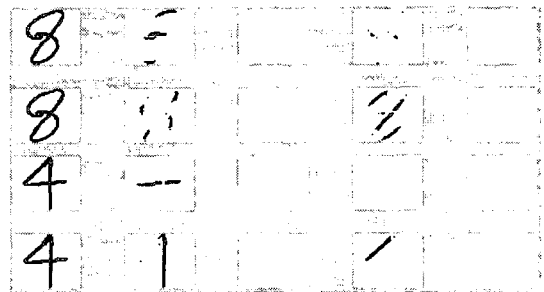


그림 6. 방향 segment 샘플

인식단계에서 오인식 부분이 발생할 경우에는 입력된 수식을 이용하여, 사용자 필체 데이터 베이스 내에 실시간으로 통계치를 갱신한다. 이와 같이 교정 및 재학습 과정을 통해 점진적으로 인식률을 향상시킬 수 있다.

## 3. 실험 환경 및 실험 결과

### 3.1 실험 환경

본 논문은 펜터엄 III-800MHz CPU에 256M

RAM 환경에서 Windows 2000 Server를 운영체제로 사용하였고, ANSI C code로 알고리즘을 작성하였으며, win32 API로 visual interface를 구현하였다. 실험 데이터는 일반 user 10명이 각자의 필기 데이터 입력 후 랜덤의 수식 100개씩을 테스트하였다.

### 3.2 실험 결과

그림7은 본 연구에서 제안한 필기 수식 인식 계산기가 실제 윈도우 상에서 동작하는 실행화면이다.

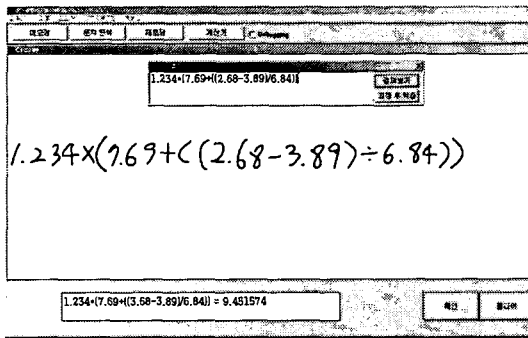


그림 7. 실제 동작 과정

표1은 실험 결과를 나타낸 것이다. 일반 사용자를 대상으로 먼저, 초기 사용자 데이터(재학습되지 않은 데이터)을 기반으로 50개의 자유로운 수식을 테스트 한 결과, 5개의 수식에서 오인식 심볼이 나왔다. 따라서 약 90%의 인식률을 보였다. 인식률은 다음 식3과 같다.

$$\text{인식률} = \frac{\text{인식성공 수식수}}{\text{총시도 수식수}} * 100 \quad (\text{식}3)$$

표 1. 실험 결과 및 인식률

상태	재학습횟수	인식률(%)
초기 인식	0회	90
재학습 후 인식	3회	92
	4회	96
	5회	98

다음으로 오인식 심볼의 교정 및 재학습을 사용하여, 50개의 자유로운 수식을 테스트하였다.

5번 재시도 결과, 총 50개의 수식 중 1개의 수식 내에 오인식이 있었다. 처리 시간은 평균 38 개의 심볼을 포함하는 수식의 경우 평균 약 0.18초 정도 시간이 걸렸다.

### 4. 결론

본 연구는 순차적 정렬을 이용한 무순서적인 필기 인터페이스가 가능한 계산기를 구현하였다. 이는 기존의 PDA나 태블릿 PC에서 일정 셀을 지정하여 사용자로 하여금 기계 종속적인 인터페이스를 벗어나 무제한 공간내의 필기 수식의 인식이 가능하다. 일반 user 10명의 필기 데이터를 입력한 후 수식 100개를 테스트하였다.

실험한 결과, 초기 데이터의 경우는 인식률이 90% 였고, 교정 및 재학습과정을 거친 후 인식률이 98%로 향상되었다.

본 어플리케이션은 PDA에 임베디드할 목적으로 제작되었으며, 향후 상용 PDA 또는 태블릿 PC에 적용되며 응용하여 보다 편리한 휴먼 인터페이스를 충족시킬 수 있을 것이라 예상된다

향후 연구 과제로는 고차원 수학 함수의 순차적 인식과 그에 관한 계산 모듈의 확장 가능한 어플리케이션의 제작과 범용 사용자 필체인식에서의 인식률 향상에 관한 연구가 진행될 계획이다.

### 참고문헌

- [1] T. Wakahara, H. Murase and K. Odaka, "On-line Handwriting Recognition," Proceeding of the IEEE, Vol. 80, No. 7, pp.1181-1194, 1992.
- [2] 이재준, 신 봉기, 김 진형, "은닉 마르코프 모델을 이용한 온라인 혼용 필기문자 인식," 한국 정보과학회 가을 학술 발표 논문집, 서울, 1993년 10월, pp.317-320
- [3] 이성환, 문자인식 이론과 실제(I)(II), 홍릉과학출판사, 1993.
- [4] 김대수, 신경망 이론과 응용(I)(II), 하이테크정보, 1993.