

PenDraw: 펜을 이용한 도표/도형 입력 시스템[†]

○
윤찬구*, 조성배, 김진형

한국과학기술원 전산학과 및 인공지능연구센터

PenDraw: Pen-Based Table/Diagram Input System

Chan Goo Yoon, Sung-Bae Cho and Jin H. Kim

Center for Artificial Intelligence Research and Computer Science Department, KAIST

요약

최근들어 펜을 입력 장치로 하는 사용자 응용 분야에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 논문에서는 펜을 이용한 온라인 응용 분야로서 도표 및 도형 입력 시스템, PenDraw를 설계하고 구현한다. 시스템은 사용자에게 보다 신뢰성 있는, 다양한 기능을 제공하기 위하여 도표 형식과 도형 형식을 서로 다른 모드에서 입력하도록 하였으며, 편리한 교정 환경을 제공하기 위하여 2차원 제스처를 사용한다.

PenDraw의 성능을 알아보기 위하여 전체 744개의 심볼로 구성된 10종의 손으로 그린 도형들로 실험한 결과 93%의 인식률을 얻었는데, 이와같은 사실은 펜을 기반으로하는 인터페이스를 사용하는것이 도표나 도형을 작성하는데 매우 자연스러운 뿐만 아니라 효과적임을 입증하는 것이다.

I. 서론

온라인 인식이란 전자 펜을 이용하여 테블릿등과 같은 장치에 문자나 도형등의 인식 대상을 쓰거나, 그리면 컴퓨터가 이를 즉시 분류, 인식해내는 것을 말한다. 이러한 온라인 인식의 주된 응용 분야를 몇가지 예로들면, 펜을 이용하여 손으로 쓴 문자를 인식하는 분야, 손으로 스케치 한 악보를 인식하고 처리하는 분야, 손으로 스케치한 도형이나 테이블을 인식하여 처리하는 분야등이 있는데, 실제로 종이와 펜을 이용하여 할 수 있는 모든 것들이 온라인 응용 분야라고 할 수 있다. 본 논문에서는 펜에 기반을 둔 온라인 응용의 하나로서, 문서나 보고서 형식(form)으로 흔히 사용되는 테이블과 도형 형식을 처리하는 시스템을 설계하고 구현한다.

도형 인식 시스템은 그 입력 방식에 따라 크게 오프라인과 온라인 시스템으로 크게 나뉘어지는데, 첫째 부류에 속하는 시스템은 주로 설계 자동화의 필요성에 의한 공학도면의 자동인식에 관한 연구가 주를 이루고 있고 둘째 부류에 속하는 시스템들은 대화식으로 입력되는 도형들의 즉각적인 인식 및 처리에 그 초점을 맞추고 있다.

[6] [5] [8] [1] 도면의 자동 인식에 관한 연구는 1970년대 부터 활발하게 진행되어 왔으며, 상당히 진척되었지만 아직도 매우 잘 그려진 도면의 인식에 머물고 있는 실정이다. 한편, 온라인 도형 입력 시스템은 대화식(interactive) 시스템에서 요구되는 응답시간 요구 조건을 만족해야 하며, 입력 형태에 제약이 없어야 하는데, 지금까지 연구된 결과들은 입력 형태에 상당한 제약이 있거나 [8] [6], 원하는 도형을 충분히 표현할 수 없는 결과를 보여주고 있다 [5] [1].

본 논문에서 제안한 테이블 입력 시스템은 특별한 훈련없이 어떠한 형태의 테이블도 작성이 가능하도록 하였으며, 기존의 시스템이 가지고 있었던 문제점을 개선, 형식의 재구성(reshape)이나 확장·축소에 따라 문자정비가 자동으로 정렬되도록 하였다. 또한 도형 처리 부분은 기본적으로 보고서나 문서 작성시 흔히 사용되는 17개의 도형을 그 인식대상으로 하였으며, 새로운 도형의 첨가가 간단하고 몇개의 예제 심볼들에 의한 간단한 훈련으로 높은 인식율을 보이는 새로운 도형 인식 방법을 제공하였는데, 수기 도형의 변형을 흡수하기 위하여 이미지 분석등에서 흔히 사용되는 multi-scale filtering 방법 [9]을 도입하였다. 마지막으로 본 시스템은 형식 교정시 메뉴 아이콘과 함께, 요즘 펜 장치의 응용으로 각광받고 있는 제스처(gesture)를 사용하여 편리한 교정 환경을 제공하였다.

[†] 본 논문은 인공지능연구센터 노트패드과제의 지원을 받았음

* 대우통신(주) 종합연구소 근무

II. PenDraw의 전반적 구조

PenDraw는 기능에 따라서 크게 도표 처리 모듈, 도형 처리 모듈 그리고 계산 처리 모듈로 나눌 수 있다. 그림 2.1은 이 시스템의 전반적인 구조를 보여준다. 일반적으로 펜 입력 장치의 주요한 장점 중의 하나는 계산체를 사용하는 새로운 사용자 인터페이스(user interface)의 도입이 가능하다는 것인데, 이의 장점을 살리기 위해서 본 시스템도 고정시 계산체에 기반을 두었다.

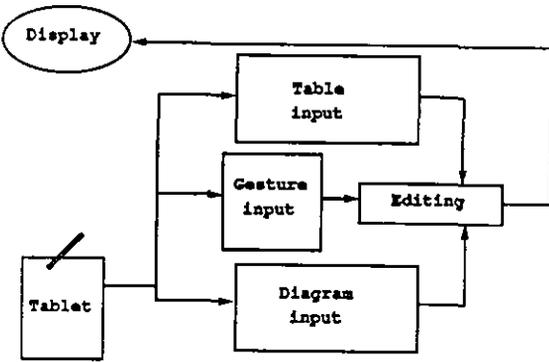


그림 2.1: 시스템의 구조

본 시스템에서 제공하는 고정기능은 크게 5가지가 있는데, 선분의 삭제(Delete), 선분의 이동(Move), 전체 도표 폼 크기의 확대나 축소(Scale), 도표 셀들의 크기 변경(Reshape), 도표 셀들의 높이나 너비의 정렬(Cell Align) 등이다. 여기에서 제시한 기능들은 제스처와 메뉴 아이콘이 적절히 혼합되어 쉽고 빠른 처리가 가능한데, Reshape이나 Cell Align 기능들은 다른 고정 도구들로는 여러 번의 동작을 거쳐야 하거나 처리가 매우 힘든 복잡한 기능들이다. 특히 본 시스템은 고정 후에도 입력된 문자의 정렬 형태가 그대로 유지되는 기능을 가진다

도형 입력 시스템에서는 문서나 흐름도 등에서 흔히 사용되는 17개의 도형을 인식할 수 있도록 하였다. 본 시스템에서는 하나의 도형 형식을 스케치하는 데 있어, 기존 시스템들이 가지고 있던 획의 순서, 획의 수, 획의 시작점의 제한을 가능한 제거하여 사용자에게 가장 자유로운 형태의 입력환경을 제공한다.

시스템은 입력되는 획들을 분석하여 기본적으로 Angled line 형태로 근사시켜 출력하는데, 입력된 획에 의해 loop을 이루게 되는 경우에는, 도형 인식 모듈로 넘어가 인식된 후 결과가 화면에 출력되는 대화 형식을 취하였다. 이와같은 대화 형식은 사용자에게 가장 신속하게 인식 결과를 알려주는데 이는 대화식 시스템에서 요구되는 응답 시간 요구조건에 가장 적합하다는 장점이 있다 [3]

III. 도표 입력 시스템

도표를 그리기 위해 입력된 획은 전처리 과정을 거쳐서 정규화 되

는데, 도표 입력 시스템은 이것이 기존의 입력된 선분들과 조합으로 도표 구조를 이루는지를 검사한다. 일단 도표로서 적합하다고 판정되면 시스템은 내부적으로 도표 형식을 구성하고, 차후 사용자는 도표 크기의 확장/축소(Scale), 도표 셀들의 높이나 너비 정렬(Cell Align), 도표의 재구성(Reshape)을 적용할 수 있게 된다.

input stroke for table

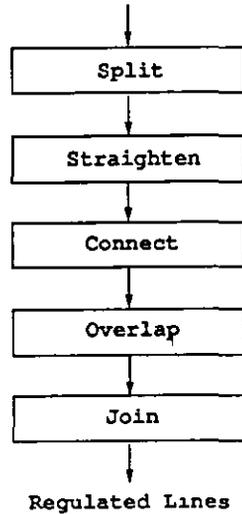


그림 3.1: 도표 입력의 전처리

전처리는 그림 3.1과 같이 다섯 단계를 거쳐 이루어진다. 일단 입력된 획은 Split 과정을 거쳐서 직선(line)들로 나뉘어지는 단계를 거치게 되는데, 시스템에서는 이를 위해 Freeman [4]의 방법을 이용하였다. Split 과정을 거쳐 나뉘어진 직선들은 수평 또는 수직의 선들로 근사되는데, 각 선분이 수평면과 이루는 각이 일정 범위 내에 있으면 수직 또는 수평 선분으로 근사하는 간단한 방법을 이용했다. Connect 와 Overlap 처리 단계는 매우 중요한 처리 단계이다. 보통, 사람이 종이와 펜을 사용하여 도표를 작성하는 경우, 도표를 구성하는 각 선분들의 연결이 매우 엉성하고 또한 선분들을 겹치게 그리기 쉽다. 본 단계에서는 이를 내부적으로 처리해주는 데, 사실상 Overlap 처리는 스케치되는 형식이 도표임을 알기 때문에 가능한 것이다. 시스템은 더 이상 변화가 없을 때까지 이 단계를 반복한다. Join은 graphic editing tool에서 흔히 사용되는 grid 기능과 매우 유사한 작용을 하는데, 이 또한 입력이 도표 형식을 알기 때문에 보다 넓은 범위를 흡수할 수 있다. 이와같이 기본 전처리 과정을 거친후, 입력된 획은 즉시 정규화된 형식으로 화면에 출력된다.

도표의 적합성 검사는 지금까지 입력된 획들이 도표를 구성하는지를 검사하는 단계이다. 본 논문에서 다루는 도표는 아래와 같이 두가지 조건을 만족해야 한다.

- 도표의 외곽 영역은 사각형이다

•도표내의 모든 셀들은 사각 영역을 가진다.

서로 연결되어 있는 선분류들이 위의 두 조건을 만족하게되면 시스템은 도표라 판정하게 된다. 시스템은 도표라 판정된 선분들로 부터 도표 형식을 구성하는데, 이러한 도표 형식으로 효율적인 도표의 교정이 가능하며, 재구성, 확장/축소, 셀 정렬등의 기능 수행 시 문자들의 정렬 상태가 자동으로 유지된다

3.1 입력 필터

본 절은 2차원 평면 상에서의 점들을 입력으로 받아 직선들로 나뉘어지는 점들을 추출하는 과정에 대해 설명한다. 먼저 획 S를 다음과 같이 표현하자

$$S = \{ P_i \mid 0 \leq i \leq m \}$$

L_n 을 시작점 P_1 과 n 번째 점 P_n 사이의 거리라하고, D_n 을 P_1 과 P_n 사이의 모든 점들을 잇는 거리라할때, 알고리즘은 L_n/D_n 비율을 조사하면서 진행된다, L_n/D_n 값이 미리 정의된 임계값 ϵ 보다 작을 경우, 시스템은 P_1 부터 P_n 사이의 점들이 직선이 아니라고 결정하고, P_1 과 P_n 을 잇는 직선으로부터 가장 멀리 떨어진 P_1 과 P_n 사이의 점을 추출해내고, 추출된 점을 시작점으로 하여 위와 같은 과정을 계속해 나간다.

3.2 교정 환경

본시스템에서는 사용자에게 친숙한 기본 제스처와 아이콘 메뉴를 함께 사용하여 도표를 교정하는 환경을 제공하였다

IV. 도형 입력 시스템

4.1 전처리

본 시스템에서 사용한 전처리는 고리 구조 검출 부분과 필터링 과정이다. 먼저 고리 구조 검출 부분에서는 고리 구조를 이루는 획들에서 각 획들의 연결시 생기는 충돌점들을 완화시키는 간단한 과정을 거친 뒤, 연속적인 점들로 이루어지는 하나의 획으로 바꾸어 필터링 모듈로 보낸다. 필터링 과정은 입력 점들 중에서 입력 장치의 오류나 사용자의 부주의 등으로 인하여 야기된 겹쳐지는 점이나 너무 가까이 몰려 있는 점 따위를 제거하여, 유용한 점들만을 추출하는 단계이다. 본 시스템에서는 이를위해 앞에서 제시된 input filter 알고리즘에 가까이 연속된 점의 제거 단계를 첨가하여 사용하였다.

또한 시스템에서는 multi-scale input filtering 기법을 [7] 인식에 이용하였는데, 이는 입력 점들을 여러 scale 상태로 여과시켜, 역시 multi-scale로 표현된 도형 모델과 비교함으로써 변형을 흡수한다. 여러 scale 상태로 여과시킨다는 의미는 실제로는 여러 threshold 상에서 점들을 추출함을 의미하는데, 본 논문에서

는 3개의 scale 상태로 나누었고, 실험적으로 0.98, 0.96 그리고 0.95의 threshold 상에서 가장 나은 결과를 보였다.

4.2 특징 추출

전처리 과정을 거친 입력 점들은 개념적으로 도형을 angled line 으로 근사시킨 상태에서 각 직선들을 연결하는 점들이다. 이러한 점들은 일단 $n \times n$ 의 행렬 표현 단계를 거친 후 특징들이 결정된다.

(1) $n \times n$ 행렬 표현

$n \times n$ 행렬 표현은 다음과 같은 간단한 과정을 거쳐 얻는다. 먼저 앞의 전처리 과정을 거친 입력점 들로부터 최소 외점 사각형을 구하고, 구해진 최소 외점 사각형을 $n \times n$ 의 구획으로 나누어 입력 점들을 사상 시킨다.

(2) 8-view 특성 결정

선 관찰 특징	모서리 관찰 특징
1. Straight Line	1 Curve
2. Partial Straight Line	2. Positive Slanted
3. Positive Slanted Line	3 Negative Slanted
4. Negative Slanted Line	4 Just Point
5. Positive Curve	5. Complex
6. Negative Curve	
7. Just Point	
8. Complex	

4.3 인식 및 훈련

행렬 표현으로부터, 각 8 방향에 대해 유형이 결정되고나면 인식 알고리즘은 매우 간단하고 효율적으로 수행될 수 있다. 입력된 도형에 대하여 각 방향 $i(1 \leq i \leq 8)$ 에 대한 유형 f_i 가 앞에서 설명한 것과 같이 1 부터 8(선 관찰) 또는 1 부터 5(모서리 관찰) 사이의 값을 갖고, 도형 모델 c 가 각 방향 i 마다, 유형 j 에 대하여, weight $W_{c,j}$ 를 갖는 다고 할때, 입력 도형과 각 도형 모델 c 간의 유사도 v_c 는 다음과 같이 계산되고,

$$v_c = \sum_{i=1}^F W_{c,j}, \quad j = f_i, F = 8, 1 \leq c \leq C,$$

C 개의 도형 모델중 v_c 값이 가장 큰 도형 모델이 최종 인식으로 결정된다

훈련 문제는 예제 도형들에 의하여, C 개의 도형 모델의 weight, $W_{c,j}$ 값을 결정하는 것이라고 요약할 수 있다. E_c 번의 예제 도형 들로부터, 각 방향 i 에 대해 유형 j 가 추출된 빈도 수를 $T_{c,i,j}$ 라 했을때, $W_{c,j}$ 는 다음과 같이 구한다

$$W_{c,j} = \frac{1}{E_c} T_{c,i,j}, \quad 1 \leq c \leq C$$

V. 평가 및 실험

본 시스템은 SPARC Workstation 상에서 C 언어로 X window 를 이용하여 구현하였다. 필기 입력 장치로는 테블릿 디지털타이저인 WACOM을 사용하였다. 본 장에서는 기존의 발표된 시스템간의 상대적인 비교와 도형 시스템의 인식율을 구하는 실험을 통해 시스템의 성능을 고찰해 보고자 한다.

5.1 도표 입력 시스템의 비교 평가

본 논문에서 설계 구현된 도표 입력 시스템은 아래와 같은 기준을 가지고 이를 충족시키고자 하였다.

- 사용자의 적응도 . 시스템은 사용자가 별다른 훈련없이 쉽게 적응할 수 있어야 한다.
- 대화 형식 : 대화식 시스템은 사용자에게 가능한한 신속하게 결과를 알려주어야 한다. 본 시스템에서는 매 입력획 마다 이를 인식 및 처리하여 결과를 출력하도록 하였다 이는 기존의 NPL([2])에서 발표된 시스템이 기본적인 도표의 전체 형태가 스케치될 때까지 인식을 미루고 있는 것과 차이 점을 보여준다
- 도표의 수정 및 확장성 : 도표 셀의 확장 및 변경이 가능해야 한다. 실제 도표 작성자는 정확한 도표의 크기를 미리 정하기 힘들며, 또한 도표 셀의 크기를 일정하게 정렬해야 할 경우가 빈번하게 발생한다. 본 시스템에서는 설계시에 이를 고려하여 쉽게 수정 및 확장이 가능하도록 하였다.

비교기준	NPL '88	PenDraw
적응도	매우 쉽다	쉽다
대화 형식	batch style	interactive style
수정 및 확장성	어렵다	매우 쉽다
표현력	풍부	풍부

표 5.1 도표 입력 시스템의 비교표

point에 의한 경우와 입력 획들의 심한 hook 등에 의한 경우가 대부분을 차지 하였는데, 전처리 과정을 좀더 개선 시킬 경우 인식율이 증가할 것으로 생각된다.

5.3 도형 입력 시스템의 비교 평가

본 도형 입력 시스템은 다음과 같은 기준을 가지고 이를 충족 시키고자 하였다.

- 대화 형식 : 대화식 시스템은 사용자에게 가능한한 신속하게 결과를 알려 주어야 한다. 본 시스템은 도형을 이루는 순간 이를 검출하여 출력하기 때문에 가장 빠른 응답 형태를 취하고 있다. 도형의 인식이 모든 도형들의 입력 후에 시작되는 batch style 형태의 대화 형식은 이의 기준에 적합치 못하다.
- 도형 입력시의 제약 . 시스템은 사용자에게 도형 입력 시 가능한한 제약이 적어야 한다. 본 도형 입력 시스템은 도형 입력시 획의 수, 순서 등 모든 제약점 들을 제거하였다.
- 도형 표현 능력 : 시스템은 사용자가 원하는 도형을 정확하게 출력하여야 한다. 도형 입력 시스템이 너무 적은 수의 primitive 를 가질 경우, 사용자는 원하는 출력물 얻을 수 없기 때문에 가능한한 많은 수의 primitive 들을 가지는 것이 좋다

VI. 결론

본 논문에서는 펜을 이용하여 도표 및 도형을 입력할 수 있는 시스템, PenDraw를 설계하고 구현하였다. 본 시스템의 도표 입력 부분은 매 입력 획 마다 결과를 출력하는 대화 형식을 채택하여 시스템의 응답시간을 최소화 하도록 하였다. 또한 도형 입력 부분에서는 고리 구조 검출에 의한 도형 추출 방법을 사용하여 사용자에게 가장 신속하게 결과를 알려줄 수 있도록 하였다.

앞으로 본 시스템을 개선시키기 위해서는 다음과 같은 연구가 진행 되어야 한다. 우선 현재 키보드에 의해 입력이 가능한 문자 입력을 펜을 이용한 필기 문자 입력으로 대체하여야 하며, 이를 위한 문자 인식 및 이에 적합한 대화 형식에 관한 연구가 필요하다. 둘째로 시스템의 성능 개선에 관한 부분으로, 입력 장치의 영향을 적게 받는 전처리 과정에 관한 연구와 고리 구조로 고정되어있는 도형 분류 알고리즘을 확장하는 연구도 진행되어야 하겠다

5.2 도형 인식 실험

도형 인식 실험은 대화식 시스템의 입력부를 대화식 batch style로 입력을 받아 인식율을 구하였다. 실험은 6인의 작성자가 펜 입력 장치를 이용하여 입력한 호프도 2종 등 총 10 종의 chart를 실험에 사용하였다. 도형 입력 시 사용자는 도형을 이루는 획의 수나 순서 그리고 크기에 전혀 관계없이 입력하도록 하였으며, 반드시 한번에 하나의 도형을 그리지 않아도 되도록 하였다.

시스템은 도형과 연결 요소를 포함한 총 744개의 심볼에서 단지 52개만을 실패하여, 약 93%의 인식 결과를 내었다. 이를 다시 세분하여 보면, 고리 구조 심볼의 추출율은 약 99%이고(3개 실패), 고리 구조 심볼중 도형 인식율은 87%(49개 실패)이다. 오인식된 경우를 보면 주된 원인이 입력 획들의 연결 시 발생하는 wild

참고 문헌

[1] E. R. Brocklehurst and M J Stevens, "Software Modules for Electronic Paper," *NPL report*, DITC 127/88, 1988.

[2] E. R. Brocklehurst, "The NPL Electronic Paper Project," *Int J. of Man-Machine Studies*, 34, 1991