

계층적 지식기반 잡음제거를 이용한 스케치 특징점 검출

조선영[○] 변혜란

연세대학교 컴퓨터 과학과

sycho@cs.yonsei.ac.kr, hrbyun@yonsei.ac.kr

Sketch Feature Point Extraction using Hierarchical Knowledge-based Noise Elimination

Sunyoung Cho[○], Hyeran Byun

Department of Computer Science, Yonsei University

요 약

본 논문에서는 스케치 보정을 위한 계층적 지식 기반 잡음 제거 방법을 제안한다. 제안하는 잡음 제거 방법은 방향 정보, 후보 영역간의 내적, 같고리 잡음영역 검출이라는 세 개의 계층적 휴리스틱(heuristic) 방법으로 구성된다. 첫 번째 단계에서 방향정보를 이용하여 특징점 후보들이 검출되고, 두 번째 단계에서는 각 후보들 사이의 벡터 간 내적을 이용하여 부적절한 후보들이 제거되며, 세 번째 단계에서는 같고리모양의 잡음영역을 검출하여 근거리의 모여있는 특징점들을 병합한다. 실험을 통해 제안하는 방법이 잡음에 민감한 실제 응용 환경에 적합하며 효율적임을 보였다.

1. 서 론

최근 펜 기반의 휴대폰, PC, 게임기 등의 수요증가로 스케치 기반 연구가 활발히 이루어지고 있다. 스케치는 특정한 아이디어를 표현하고 협업환경에서 쉽게 개념을 전달할 수 있는 간단하고 효율적인 방법이다. 이러한 스케치를 이해하고 인식하기 위해서는 초기 처리 과정이 중요한데, 그 초기 처리 과정으로 스케치 형상의 특징을 나타내는 곡률의 최대점 또는 변곡점 같은 특징점을 검출하는 과정이 있다.

특징점을 검출하기 위한 연구는 영상내의 디지털 곡선부터 최근에는 펜 기반 장치로부터 들어오는 실시간 스케치까지 진행되고 있다. Rosenfeld와 Johnston [1]은 각 점에 대해 이웃벡터들 사이의 k -cosine 을 이용하여 코너영역을 검출하였다. 이후에 Rosenfeld와 Weszka [2]는 평균 k -cosine을 이용하는 방법으로 수정하여 코너영역을 검출하였다. Freeman과 Davis [3]는 각 점에 대해 x 축과 이웃하는 점과의 벡터 사이의 각을 구하고, 이전 점과의 각의 차이를 이용하여 코너영역을 검출하였다. Beus와 Tiu [4]는 이웃하는 점의 개수를 제한하기 위한 cutoff parameter τ 를 이용한 것을 제외하면 Freeman과 Davis [3]의 방법과 비슷하다. Chetverikov와 Szabo [5]는 특정한 크기와 각을 가진 삼각형이 커브에 내접되는 위치를 코너로 정의하였다. Sezgin 등 [6]은 곡률과 속도에서의 극값이 코너영역에 대응된다는 특성을 이용하여 코너영역을

검출하였다. 속도를 이용하여 곡률만을 사용할 때의 단점을 보완하였지만, 속도정보는 사용자에게 따라 달라질 수 있기 때문에 잡음에 민감할 수 있다. 따라서 이후에 Sezgin [7]은 scale space방법을 이용하여 잡음이 많은 스케치를 다루었지만 여전히 부정확한 코너검출이 가능하다. Mackenzie [8]는 각 점에 대해 일정간격 떨어진 점과의 선분을 구하고, 선분과 입력간의 수직거리를 이용하여 코너를 검출하였다. 이때 속도정보를 결합하여 수직거리의 임계값을 조정하는 데 이용하였다.

특징점 검출은 향후 스케치를 적절한 기본 객체로 근사하거나 미화(beautify)하는 데 중요하다. 또한 스케치나 제스처를 이해하고 인식하는 데 중요한 특징이 될 수 있다. 실제 환경에서는 사용자가 스케치를 입력할 때 손 떨림이나 입력장치의 특성으로 인해 많은 잡음이 발생하므로 부적절한 코너들까지 검출되는 단점이 있다. 이러한 점을 해결하기 위하여 본 논문에서는 펜 기반 장치로부터 입력된 온라인 스케치에서 정확하고 잡음에 강인한 특징점을 검출하는 알고리즘을 제안한다.

2절에서는 제안하는 계층적 지식기반 잡음제거 방법을 통해 특징점을 검출하는 알고리즘에 대해 설명하였다. 3절에서는 제안한 방법을 이용한 실험결과를 보이고 그 결과를 분석하였다. 4절에서는 향후 연구방향과 결론을 기술하였다.

2. 계층적 지식 기반 잡음제거를 통한 특징점

검출

특징점은 스케치 형상의 특징을 나타내는 부분으로, 대개 스케치의 시작점과 끝점, 곡률의 최대점 또는 변곡점 같은 코너 영역으로 정의된다. 특징점 검출은 스케치를 적절한 기본 객체로 근사하거나 미화하기 위해 필수적이며, 향후 스케치나 제스처를 이해하고 인식하는 데 중요한 특징이 될 수 있다. 그림 1은 특징점의 예를 보여준다.

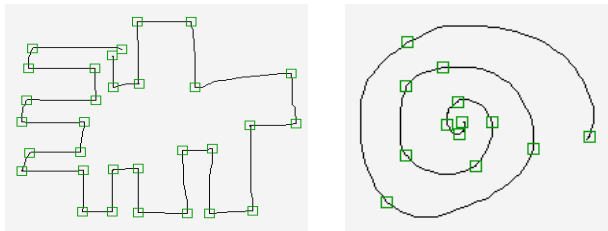


그림 1. 특징점의 예

2.1. Notation

스케치는 n 개 스트로크들(Strokes)의 집합 $S = \{s^1, s^2, \dots, s^n\}$ 으로 표현할 수 있다. (여기서 s^i 는 i 번째 스트로크이다.) 각 스트로크는 펜을 떼지 않고 그려질 수 있는 최소단위이며 점들의 집합 $s^i = \{p_1^i, p_2^i, \dots, p_m^i\}$ 으로 표현할 수 있고, p_j^i 는 i 번째 스트로크의 j 번째 점이다.

2.2. 계층적 지식기반 잡음제거 알고리즘

컴퓨터로 생성된 형상(shape)이나 코너는 간단한 곡률 분석만으로 쉽게 특징점을 검출할 수 있다. 그러나 실시간으로 들어오는 온라인 펜입력에 대해서는 입력 장치의 특성이나 사용자의 손떨림으로 인해 많은 잡음이 발생하여 정확한 특징점을 검출하기 어렵다. 이러한 단점을 극복하기 위해 특징점 후보영역으로부터 계층적으로 불필요한 영역을 제거하는 3단계의 알고리즘을 제안한다. 첫 번째 단계는 방향정보를 이용하여 코너의 후보들을 찾는 단계이다. 두 번째 단계는 첫 번째 단계에서 찾아진 부적절한 특징점 후보들 사이의 벡터간 내적을 이용하여 제거하는 단계이다. 세 번째 단계는 스트로크의 시작점이나 끝점, 코너영역에서 발생할 수 있는 후크 영역을 검출하여 부적절한 특징점 후보들을 제거하는 단계이다.

2.2.1. 방향정보를 이용한 특징점 후보 검출

스트로크의 코너는 방향값의 변화가 큰 영역이다. 따라서 방향정보를 이용하여 특징점의 후보들을 검출할 수 있다. 먼저 스트로크의 각 점에서의 방향값을 구하고, 이웃한 점과의 방향값의 차이를 계산한다. 주어진 스트로크에 대한 방향은 식 (1)을 이용하여 계산할 수 있다.

$$\alpha_j^i = \arctan\left(\frac{y_{j+1} - y_j}{x_{j+1} - x_j}\right) + \pi \quad (1)$$

α_j^i 는 i 번째 스트로크의 j 번째 점의 방향값을 나타낸다. 방향정보를 이용해서 구한 코너 후보들은 식 (2)와 같다.

$$C = \{p_j^i : |\alpha_j^i - \alpha_{j-1}^i| > Threshold_d\} \quad (2)$$

만약 이웃한 점과의 방향값의 차이가 일정한 임계값(실험을 통해 임계값을 0.3으로 정해주었다.)보다 크면 특징점 후보로 선택된다. 여기서 중요한 것은, 임계값을 최대한 느슨하게 설정하는 것인데, 그 이유는 부적절한 코너의 후보들이 많이 찾아질 수는 있지만, 코너의 후보들을 놓치지 않고 다 찾기 위함이다. 임계값을 낮게 설정함으로써 부적절한 코너 후보들을 많이 찾는 문제는 우리가 제안하는 다음 단계의 알고리즘을 이용하여 해결될 수 있다. 그림 2는 방향정보를 이용하여 특징점을 검출한 결과이다.

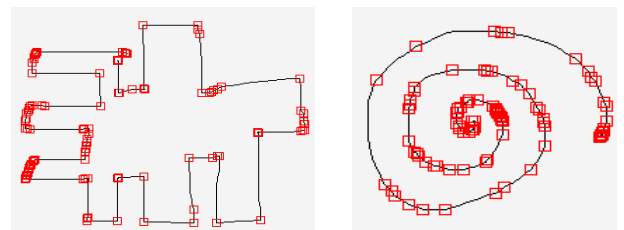


그림 2. 방향정보만을 이용한 특징점 검출 결과

2.2.2. 후보영역간 벡터내적을 이용한 부적절한 특징점 후보 제거

그림 2에서 보는 바와 같이, 방향정보를 이용한 특징점 검출은 잡음으로 인해 부적절한 코너들이 많이 검출되는 것을 알 수 있다. 따라서 우리는 앞 단계에서 구한 코너 후보들의 벡터들 간의 내적을 이용하여 부적절한 코너 후보들을 제거하였다. 앞 단계에서 구한 각 코너 후보에 대한 두 방향벡터는 식 (3)을 이용하여 구할 수 있다.

$$a_j^i = p_j^i - p_{j+1}^i$$

$$b_j^i = p_j^i - p_{j-1}^i, \quad p_{j-1}^i, p_j^i, p_{j+1}^i \in C \quad (3)$$

여기서 a_j^i 와 b_j^i 는 각각 i 번째 스트로크의 j 번째 코너 후보에 대한 앞쪽 방향 코너 후보와의 벡터와 뒤쪽 방향 코너 후보와의 벡터를 의미한다.

두 벡터 사이의 각도는 앞쪽 방향 벡터 a_j^i 와 뒤쪽 방향 벡터 b_j^i 의 내적을 이용하면 구할 수 있는데, 이는 부적절한 특징점을 제거하는데 이용될 수 있다. 만약 두 벡터 사이의 각(θ_j^i)이 크다면, 이는 두 벡터가 거의 일직선 상에 있는 것을 의미하므로 코너 후보는 코너영역이 아닌 잡음으로 검출되어 제거될 수 있다. 만약 θ_j^i 가 작으면, 제거되지 않고 코너 후보로 남는다. 우리는 θ_j^i 가 120도 이상인 경우는 부적절한 코너로 제거하였다. 그림 3은 θ_j^i 를 보여주고 있다.

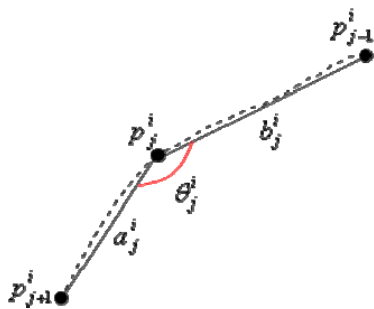


그림 3. a_j^i 와 b_j^i 사이의 각(θ_j^i)

그림 4는 방향정보만을 이용해서 검출한 특징점 후보들 사이의 벡터 내적을 이용하여 부적절한 특징점 후보를 제거한 결과이다. 잡음으로 인해 많은 부적절한 특징점 후보들이 검출되었던 그림 2와는 달리, 그림 4에서는 부적절한 특징점들이 많이 제거된 것을 알 수 있다.

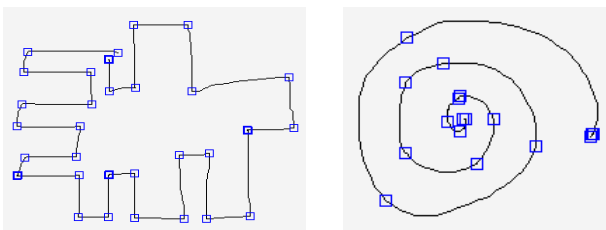


그림 4. 후보영역간 벡터내적을 이용하여 부적절한 특징점 후보를 제거한 결과

2.2.3. 갈고리영역 검출을 통한 부적절한 특징점 후보 제거

후보영역간 벡터내적을 이용하여 제거되지 않은 특징점 후보들은 후크영역 검출을 통해 제거될 수 있다. 후크영역이란 갈고리 모양이나 서로 교차되는 모양의 입력영역을 의미한다. 그림 5는 후크영역을 확대하여 보여주고 있다.



그림 5. 후크영역 (갈고리 모양이나 서로 교차되는 모양의 입력영역).

후크영역에서는 방향변화가 큰 후크의 특성 때문에 코너 후보로 검출되고, 이웃벡터들 사이의 각도정보로도 부적절한 코너 후보들을 완벽히 제거하지 못한다. 따라서 후크영역을 검출하여 부적절한 여러 개의 코너 후보들을 대표 코너 후보 하나로 합병하도록 하였다. 후크영역은 일정한 k 픽셀 내에 여러 개의 코너 후보들이 있는 경우로 하였다. (실험을 통해 k 값을 5로 주었다.) 또한 대표 코너 후보는 가장 큰 방향값을 가지고 있는 후보로 정해주었다. 그림 6은 후크영역 검출을 통해 부적절한 특징점 후보들을 제거한 결과이다. 그림 4의 결과와 비교할 때, 이웃벡터간 내적을 이용하여 제거하지 못한 시작점 부근의 부적절한 특징점을 제거한 것을 알 수 있다.

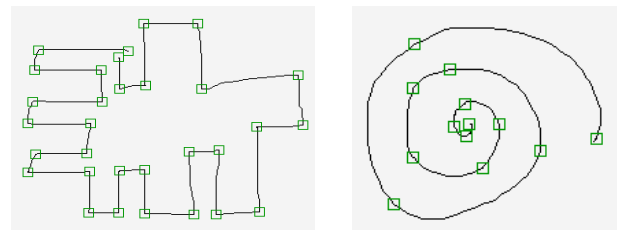


그림 6. 후크영역 검출을 통한 잡음 제거 결과

그림 7은 스케치 데이터에 대해 제안하는 계층적 지식기반 잡음제거 방법을 이용하여 특징점을 검출한 결과를 보여주고 있다. 각각 직선으로 구성된 스케치, 곡선으로 구성된 스케치, 직선과 곡선이 혼합된 스케치에 대해 실험하였다. (a)는 입력된 스케치이고, (b)는 방향정보를 이용하여 특징점을 검출한 결과이다. 잡음 때문에 부적절한 특징점 후보들이 많이 검출된 것을 볼 수 있다. (c)는 후보영역간 벡터내적을 이용한 결과로, 대부분의 부적절한 특징점들이 제거된 것을 볼 수 있다. (d)는 후크영역 검출을 이용하여 갈고리모양의

잡음영역에서 검출된 특징점들을 제거한 결과로, 정확한 특징점만을 검출한 것을 볼 수 있다.

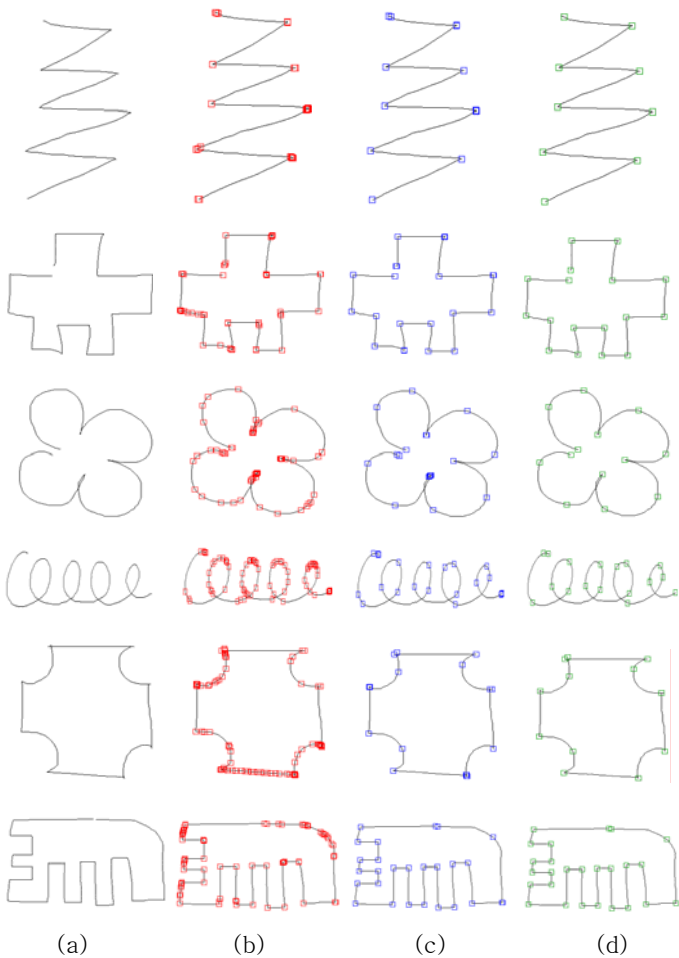


그림 7. 다양한 입력에 대한 특징점 검출 결과

3. 실험결과 및 분석

스케치 데이터에 대한 특징점 검출 성능은 코너의 정의에 따라 달라지기 때문에 측정하기 어렵다. 특히 곡선이 포함된 데이터의 경우는 코너 영역을 많이 포함하고 있어 더욱 확인하기 어렵다. 따라서 본 논문에서는 직선으로만 이루어진 8개의 데이터에 대해서 특징점 검출 성능을 실험하였다. 그림 8은 실험에 사용된 형상들이다.

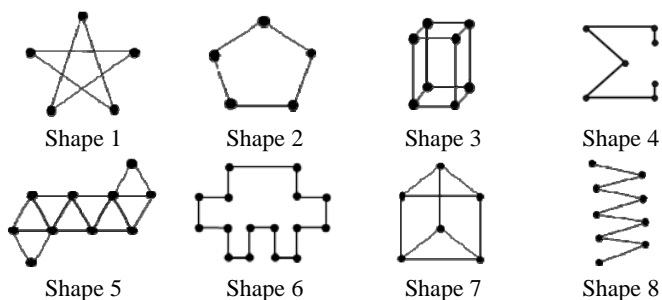


그림 8. 실험 형상들

본 논문에서 정의한 정확한 특징점은 사람이 눈으로 봤을 때 특징점 이라고 여겨지는 부분으로 그림 8에서 검정색 점으로 표시하였다. 특징점 검출의 정확도는 식 (5)를 이용하여 구하였다.

$$Accuracy = \frac{N_dfp - (N_ncp + N_hp)}{N_tfp} \times 100 \quad (5)$$

N_tfp 는 정확한 특징점의 개수이고, N_dfp 는 검출된 특징점의 개수이며, N_ncp 와 N_hp 는 각각 코너영역이 아닌 곳에서 검출된 특징점의 개수와 후크영역에서 여러 개 찾아진 특징점들을 제거하지 못한 부분의 개수이다.

표 1은 10명의 스케치에 대해서 검출된 특징점에 대한 평균 정확도를 보여주고 있다. 평균적으로 Shape 5에 대한 정확도가 가장 높았고, Shape 6, Shape 4, Shape 8도 정확도가 높았다. 그 이유는 형상의 특성상 코너영역의 방향변화가 크고 후보벡터 사이의 각도가 대부분 작기 때문인 것으로 판단된다. 반면 Shape 2와 Shape 7의 정확도는 낮았다. Shape 2의 경우는 사람에 따라 정확도에 매우 차이를 보였는데, 대부분 느리게 그린 사람의 정확도가 떨어짐을 알 수 있었다. Shape 7 역시 느리게 그린 부분에서 부적절한 특징점들이 많이 검출되는 것을 알 수 있었다. 전체적으로 모든 스케치에 대해 92.55%의 정확도를 보였다. 그림 9는 10명의 사람에 대해서 8개의 실험 형상에 대한 스케치의 특징점 검출의 정확도를 보여준다.

표 1. 특징점 검출의 정확도

| 형상 | Shape 1 | Shape 2 | Shape 3 | Shape 4 |
|--------|---------|---------|---------|---------|
| 정확도(%) | 91.58 | 88.09 | 90.72 | 93.55 |
| 형상 | Shape 5 | Shape 6 | Shape 7 | Shape 8 |
| 정확도(%) | 97.08 | 96.47 | 89.69 | 93.17 |

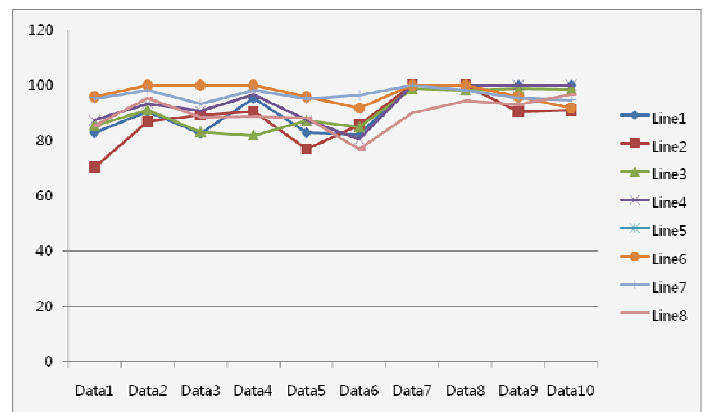


그림 9. 10명의 사람에 대한 특징점 검출의 정확도

4. 결론

본 논문에서는 펜 기반 장치로부터 입력된 온라인 스케치에서 계층적 지식기반 잡음제거 방법을 이용하여 정확한 특징점만을 검출하는 방법을 제안하였다. 제안하는 방법은 방향정보, 후보영역간의 내적, 갈고리 잡음영역 검출이라는 세 개의 계층적 휴리스틱 방법으로 구성된다. 실험을 통해 8개의 형상에 대해 높은 정확도를 가짐을 보였다. 그러나 느리게 그린 데이터에 대해서는 정확한 특징점 검출 성능이 떨어짐을 알 수 있었다. 느리게 그린 데이터의 경우 사용자의 손 떨림이 심하고, 입력되는 점 사이의 간격이 좁기 때문에 생기는 잡음에 기인한 결과로 판단된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 향후 속도정보를 결합하여 특징점을 검출하는 연구를 진행할 예정이다.

참고문헌

- [1] A. Rosenfeld and E. Johnston. "Angle detection on digital curves," *IEEE Trans. Computers*, vol. 22, pp. 875-878, 1973.
- [2] A. Rosenfeld and J.S. Weszka. "An improved method of angle detection on digital curves," *IEEE Trans. Computers*, vol. 24, pp. 940-941, 1975.
- [3] H. Freeman and L.S. Davis. "A corner finding algorithm for chain-coded curves," *IEEE Trans. Computers*, vol. 26, pp. 297-303, 1977.
- [4] H.L. Beus and S.S.H. Tiu. "An improved corner detection algorithm based on chain-coded plane curves," *Pattern Recognition*, vol. 20, pp. 291-296, 1987.
- [5] D. Chetverikov and Z.Szabo, "A simple and efficient algorithm for detection for high curvature points in planner curves," in *Proceedings of 23rd workshop of Australian pattern recognition group*. Steyr, p. 175-84, 1999.
- [6] T. M. Sezgin, T. Stahovich, and R. Daivs, "Sketch Based Interfaces: Early Processing for Sketch Understanding," in *Proceedings of the 2001 Workshop on Perceptive User Interfaces*, vol. 15, pp. 1-8, 2001.
- [7] T.M. Sezgin, *Feature Point Detection and Curve Approximation for Early Processing of Free-Hand Sketches*, Master's thesis, Massachusetts Institute of Technology, 2001.
- [8] G. Mackenzie, BSc. "Agent-Based Sketch Recognition," The University of Nottingham for the degree of Doctor of Philosophy, August 2003.