

다면체 모델 방법을 이용한 효율적 코너 에지 추출에 관한 연구

전진오⁰ 김혁만
국민대학교 컴퓨터학부

{jojun, hmkim@cs.kookmin.ac.kr}

A study of the effective corner edge detection using facet model method.

Jeeun-Oh Jun⁰ Hyeokman Kim

School of Computer Science, Kookmin University

요약

입력의 입력 영상을 이해함에 있어서 코너점은 디지털 영상의 중요한 정보가 집중되어 있기 때문에 형태를 분석하는데 있어 중요한 요소이다. 본 논문은 영상의 중요한 정보 요소인 코너점을 보다 정확하게 추출하기 위하여 Farzin Mokhtarian과 Riku Suomela가 제안한 CSS(Curvature Scale Space) 방법에 기초한 다면체 모델 방법을 이용한 새로운 알고리즘을 제안하고자 한다.

1. 서론

영상의 코너점은 영상을 이해함에 있어서 형태를 분석하는 중요한 요소이며, 디지털 영상의 중요한 정보가 집중되어 있기 때문에 영상의 형태 분석이나 영상의 묘사와 패턴인식 등 광범위한 분야에 사용되는 중요한 요소이다[1].

일반적으로 코너점 검출 방법은 Rosenfeld와 Johnston 등이 제안한 각 점의 곡률 추정을 통해 국소적으로 최대값을 가지는 점을 코너점으로 검출하는 방법[2][3][4]과 Ramer 등이 제안한 윤곽선을 다각형의 형태로 근사화하는 방법[5]으로 크게 2가지로 구분된다. 그러나 Rosenfeld와 Johnston 등이 제안한 코너점 검출의 경우 곡률의 추정을 위해 입력해야 할 설정치가 있으며, 이를 물체의 특성에 따라 적절히 선택하느냐에 따라 성능이 크게 좌우되며, Ramer 등이 제안한 다각형 근사화의 경우 처리의 시작점에 따라 모양이 달라지는 단점이 있다. 최근에는 신호의 국부적인 주파수 성분을 추출하는 방법으로 웨이블릿을 이용한 코너점 검출방법을 사용하고 있다. 신호의 국부적인 특성을 잘 추출할 수 있는 웨이블릿 변환의 성질과 웨이블릿 Lipschitz Regularity을 이용하여 외곽선 영상의 코너점을 검출하기도 한다[6]. 이 방법은 웨이블릿 필터를 이용하여 다중 스케일분해와 곡률 추정을 시도하였으며 각 스케일에서 분해된 웨이블릿 신호들은 각도의 변화율이 곡률이 되므로 다중 스케일분해와 곡률 추정이 동시에 가능하다는 이점이 있다. 그러나 이 방법은 많은 스케일이 요구되어 수행시간이 길고 국부 최대점의 위치정보를 이용하므로 잉여 코너점을 검출하는 단점이 있다. 최근 들어 이러한 방법들을 개선시켜 Farzin Mokhtarian과 Riku Suomela는 CSS(Curvature Scale Space) 방법을 제안하였다[7]. 이 방법은 컴퓨터 영상처리의 코너점 검출 방법 중 가장 진보된 방법으로 코너점 검출을 위하여 1차적으로 Canny 탐지기를 사용하여 특징을 추출해 낸다. 그리고 코너점 검출을 위해 2개의 근접한 윤곽선들 사이의 공간들과 T-교차점 코너를 발견하여 코너점들 검출한다. 곡률의 최대한도는 높은 스케일에서 얻어지게 되고 코너의 위치는 위치추정을 향상시키기 위해 다양하면서 좀 더 낮은 범위에서 편성되어진다. 최종적으로 T-교차점을 이루는 코너들은 2번씩 중복 표시되는 코너들을 제거하기 위해 CSS 코너들과 비교되어진다. 이 방법은 잡음에 매우 강하며 현존하는 어떠한 코너 검출 방법보다 잘 수행되어진다. 그러나 이 방법도 그레이 영상에서는 검출이 효율적이지 못하고 2차례에 걸친 수행으로 속도가 매우 느리다.

일반적으로 코너점 검출은 다음과 같은 중요한 요소들을 만족해야 한다.

- 첫째, 모든 정확한 코너점들을 검출해야 한다.
- 둘째, 오검출 코너점들이 있어서는 안된다.
- 셋째, 코너점들이 정확하게 위치하고 있어야 한다.
- 넷째, 코너탐지기는 잡음에 강하게 만들어야 한다.
- 다섯째, 코너탐지기는 효율적이어야 한다.

따라서 본 논문에서는 CSS 모델을 기본으로 하여 Facet Model 방법을 이용한 새로운 Corner 검출 방법을 제안하고자 한다. Facet Model을 직접 적용함으로써 기존의 계산식을 적용해 코너점을 검출하는 방법보다는 효율적으로 코너점이 검출될 것이다.

2. 에지 추출(Edge Detection)

일반적인 그레이 레벨의 영상은 대부분 잡음(noise)에 의해 손상되어 있고, 단순하게 보이는 영역에도 많은 세부적인 정보가 있어 광도의 불연속을 생성한다[8]. 따라서 이러한 단점을 피하기 위해 영상정보의 특징 추출을 용이하게 하는 전처리 과정이 필요하다. 본 논문에서는 노이즈(noise) 제거를 위해 보간법과 메디안 필터링(median filtering)을 사용하였다. 또한 입력된 영상은 그레이 레벨로 구성되므로 이것을 그대로 사용하면 배경과 기본 요소간의 구별하기 어려운 부분이 발생할 수 있다. 따라서 배경과 기본 요소간의 농담치에 대한 히스토그램(histogram)을 이용하여 임계치 값을 선택한다. 영상으로부터 기본적인 요소를 제대로 찾기 위해서는 임계치 값을 잘 결정해야 한다. 그림1은 입력 영상에 대한 특징 추출 과정을 보여주고 있다. 그림1의 (a)는 입력 영상이고, 그림1의 (b)는 전처리 과정을 거쳐 에지 추출을 한 결과물이다. 그리고 그림1의 (c)는 에지 추출한 결과물에 대해 Thinning 과정을 마친 입력 영상에 대한 추출물이다.

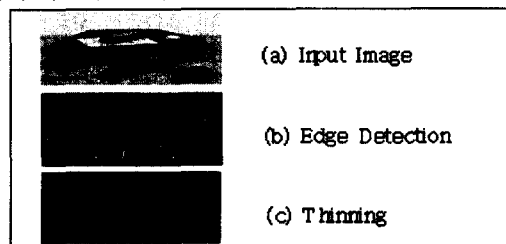


그림1. 특징 추출 과정

3. Facet Model

본 논문에 적용될 Facet Model은 모두 24가지로 다면체 모델의 일반적인 형태로 나타낼 수 있다. 대부분의 모델이 3각형 이상의 2차원 내지는 3차원 형태의 도형으로 구성되어 있기 때문에 3각형에서부터 12각형의 도형을 분석하여 코너각으로 검출될 수 있는 요소를 선정해야 하는데, 본 논문에 적용한 모델은 3각형에서부터 12각형의 도형에서 나타날 수 있는 일반적인 형태이다. 12각형 이상의 도형은 우리가 일반적인 요소로 나타낼 수 있는 확률이 매우 희박하므로 본 논문에서는 12각형 이상의 검출 형태는 배제하였다. 그림2는 본 논문에서 코너점 추출에 적용된 Facet Model 24가지를 보여주고 있다.

(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
(g)	(h)	(i)	(j)	(k)	(l)
(m)	(n)	(o)	(p)	(q)	(r)
(s)	(t)	(u)	(v)	(w)	(x)

그림2. Facet model

코너 추출 순서를 보면, 입력 영상을 통하여 먼저 에지 추출을 수행한다. 에지 추출에 사용되는 알고리즘은 기존의 방법을 그대로 사용하였다. 에지 추출을 하기 이전에 먼저 입력 영상의 잡음제거를 위하여 median filtering을 사용하였다. 에지 추출에 사용되는 Mask는 3×3의 Sobel Mask를 사용하였고, 블록 이진화를 수행하기 위해서 동적 이진화 기법을 사용하였으며, 이때 적용한 임계치 값은 140으로 하였다. 실험 수행 시 임계치 값이 140일 때 본 논문에서는 가장 좋은 추출 결과를 얻을 수 있었기 때문이다. 그리고 에지 추출 결과물을 통해 세선화 과정을 거쳐 코너점 검출을 하였다. 본 논문에서 제안한 코너점 검출을 위해서는 기존의 계산식을 적용하는 방법과는 다르게 Facet Model을 직접 적용하는데, 그림2의 24가지 Facet model을 Mask(3×3, 5×5, 7×7)화하여 에지 추출 후 세선화 된 영상의 왼쪽 상단부터 영상의 끝 부분까지 반복하여 Facet Model Mask가 적용되어 코너점을 검출하게 된다. 이 방법은 다른 알고리즘에 비해 매우 효율적이라는 장점이 있다. 그러나 입력 영상으로부터 에지추출이 불명확하거나 실패한 경우라면 코너점 검출 역시 어려워진다. 때문에 영상의 Edge만 명확하게 추출되어진다면 코너점 역시 정확하고 효율적으로 검출될 것이다.

4. 실험 결과

본 알고리즘의 구현을 위해서 PC는 Pentium III 800 MHz를 사용하였고, Programming Language 는 Visual C++를 사용하였다. 본 논문의 유효성을 검증하기 위하여 그림3, 그림4와 같이 여러 가지 입력 영상에 대한 실험을 하였다. 그림3은 도형의 복합 구조물로서 일반적인 건물의 형태로도 접근 할 수가 있다. 가장 쉽게 나타날 수 있는 도형의 밀집 형태를 몇 가지 도형을 구분되게 배치하기도 하고 겹치기 배치하기도 했다. 그림3과 같이 배치한 형태라면 어떠한 형태의 코너점도 모두 찾을 수가 있을 것이다. 그러나 그림3의 경우 완벽하게 코너점을 검출하지는 못했다. 그 이유는 입력영상에 대하여 그림1에서 보는 바와 같이 에지추출이 정확하지 못했기 때문이다. 입력영상에서 보는 바와 같이 배경색과 도형의 색상이 쉽게 구분하기가 힘들어서 에지 추출이 정확하지가 못했기 때문이다. 그

려나 에지 추출만 정확했다면 정확한 코너점 검출이 이루어졌을 것이다.

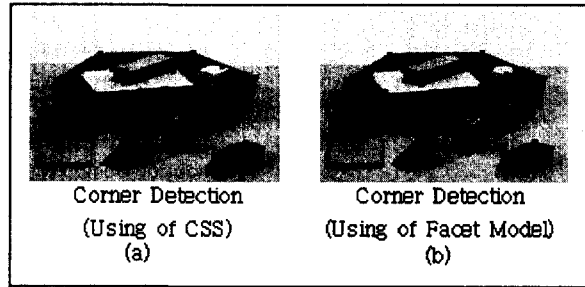


그림3. 구현 알고리즘 비교

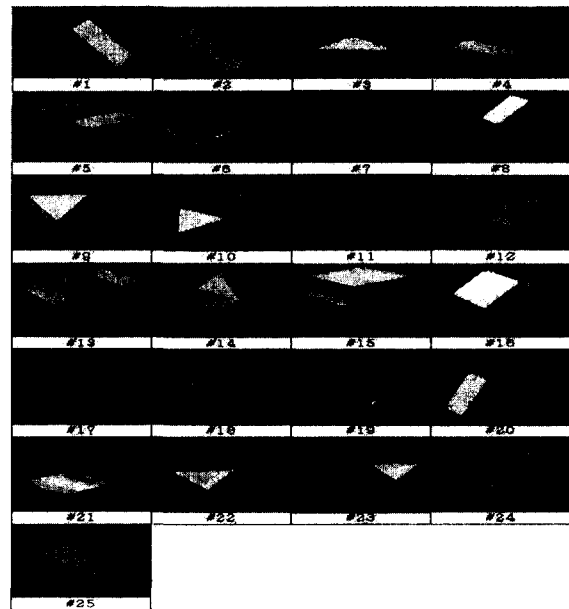
그림4는 다양한 다면체 모델에 대해 CSS 알고리즘과 Facet Model 알고리즘을 비교 실험한 것이다. 그림4의 (a),(b)는 평면 입체도형이다. 그림에서와 같이 (a),(b)에 대한 실험은 CSS 알고리즘보다 Facet Model 알고리즘이 모두 미검출과 오검출에 대해 우수한 결과를 얻을 수 있었다. 같은 방법으로 오목한 입체도형의 경우에도 우수한 추출 결과를 얻을 수 있었다. 그러나 Facet Model 알고리즘이 CSS 알고리즘보다 검출율은 우수한 반면 잡음에는 오히려 민감함을 알 수 있었다.

그림5는 CSS 알고리즘과 Facet Model 알고리즘에 대해 비교 실험한 결과를 코너점의 정확율(Precision Ratio)과 재현율(Recall Ratio)을 계산하여 그래프화한 것이다. 정확율 와 재현율 에 대한 계산식은 다음과 같다.

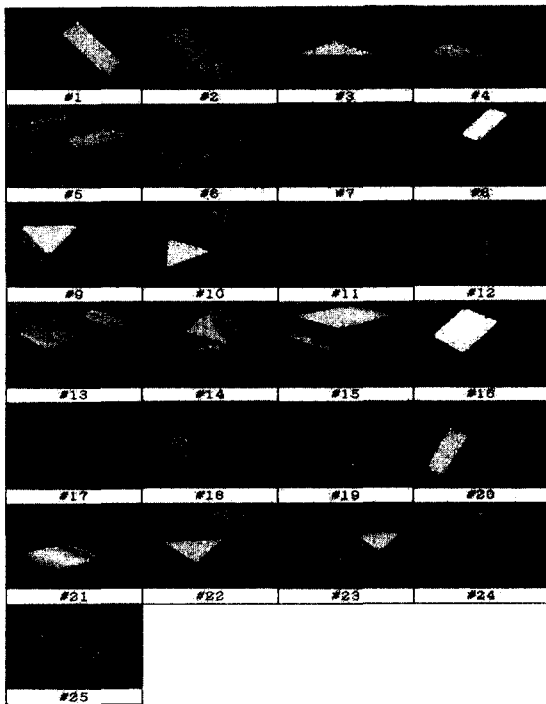
$$p = \frac{c}{(c+f)} ; (c = \text{correct corner}, f = \text{falsed corner})$$

$$r = \frac{c}{(c+m)} ; (c = \text{correct corner}, m = \text{missed corner})$$

실험 결과에서 보는 바와 같이 본 논문에서 제안한 코너점 검출 알고리즘이 기존의 코너점 검출 알고리즘보다 효율성면에서 보다 진보된 알고리즘임을 증명할 수 있다.



(a) CSS 알고리즘



(b) 제안한 알고리즘
그림4. 알고리즘 비교 실험 결과

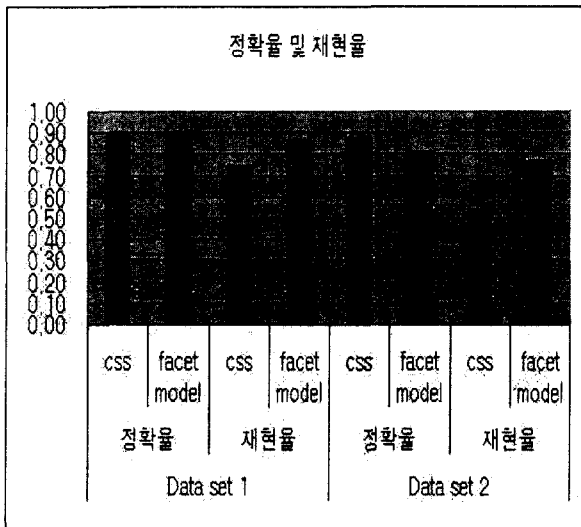


그림5. 정확율 및 재현율 비교

5. 결론

코너점은 임의의 입력된 영상을 이해함에 있어서 형태를 분석하는 중요한 요소이며 디지털 영상의 중요한 정보가 집중되어 있는 점이다.

본 논문에서는 Facet Model 방법을 이용한 Corner 검출 방법을 제시하였다. 지금까지 보다 명확한 코너점 검출을 위하여

다양한 알고리즘이 구현되어 왔다. 그러나 코너점 검출은 전처리 과정을 거치기 때문에 Edge Detection과정이 분명하게 추출되어야 하는 선행 조건이 있다. 그러나 Edge Detection이 명확하다 할지라도 코너점 검출이 꼭 분명한 것만은 아니다. 미검출 또는 오검출 코너점들이 무수히 존재할 수 있다는 것이다. 또한 기존 알고리즘은 수식 연산을 통하여 고풍에 의한 코너점 검출 방법이었다.

본 논문에서는 지금까지 제안되어 왔던 다양한 Mask 기법을 통하여 이진화 및 세선화 과정을 통하여 새로운 기법을 이용하여 효율적이고 정확한 코너 검출 방법을 제안하고자 하였다. Facet Model을 직접 적용함으로써 기존의 계산식을 적용해 코너점을 검출하는 알고리즘보다는 좀 더 효율적으로 코너점을 검출할 수 있도록 한 것이다.

그러나 이 방법은 Facet Model을 직접 적용함으로써 잡음에 민감하다는 문제를 안고 있다. 그러나 차후 에지추출 연산자를 변형한다든지, 제안한 Facet Model의 Mask 크기를 변경하는 등의 문제가 보완이 된다면 코너점 검출에 있어서 향상된 알고리즘으로 제시될 수 있으리라 본다.

이러한 코너점 검출 방법을 이용하면 패턴인식에 유용하리라 생각되어 도면인식에 있어서 기호인식 부분에 활용하기 위하여 검토 중이다.

참고 문헌

1. 정광용 외, 방향각과 면적 편차를 이용한 윤곽선의 코너점 추출, 석사학위 논문(1998).
2. A. Rosenfeld and E. Johnston, "Angle detection on digital curves", IEEE Trans. Computer. C-22, 875-878 (1973).
3. W. S. Rutkowski and A. Rosenfeld, "A comparison of corner detection technique for chain code curves", Technical Report No. 623, Computer Science Center, University of Maryland(1978).
4. Z. Q. Wu and A. Rosenfeld, "Filtered projections as an aid in corner detection", Pattern Recognition 16, 31-38(1983).
5. U.Ramer, "An iterative procedure for the polygonal approximation of plane curves," Comput Graphics Image Process. 1, 1972, pp.244-256.
6. Mallat and S.zhong, "Characterization of Signals from Multiscale Edges," IEEE Trans. PAMI vol.14, no.7, July 1992.
7. Mokhtarian and Riku Suomela, "Robust Image Corner Detection Through Curvature Scale Space," IEEE Transactions On Pattern Analysis And Machine Intelligence, vol. 20, no. 12, December 1998.
8. K.K. Lai and P.S.Y. Wu, "Effective Edge-Corner Detection Method for Defected Images," proc. Int'l Conf. Signal Processing, vol.2,1996.
9. Zhou Hao and Shao Lejun, "A Fast Corner Detection Algorithm Based on Area Deviation", MVA'94, 263-266 (1994).
10. E.R.Davies, "Application of the Generalized Hough Transform to Center Detection", IEE proc., vol.135, pp.49-54(1998).
11. M.Trajkovic and M.Hedley, "Fast Corner Detection," Image and Vision Computing, vol.16,no.2,pp.75-87,1998.