

외곽선 검출 및 잡음 제거 알고리즘

문우혁, 정시훈

경기과학고

gs20045@gs.hs.kr, gs20098@gs.hs.kr

Edge detection and noise removal algorithm

Woo-Hyeok Moon, Si-Hun Jung

Gyeonggi Science High School

요 약

Canny Edge Detection은 필터와 방향벡터를 이용한 대표적인 외곽선 추출 알고리즘으로서 대부분의 외곽선 추출 연구에서 이를 변형하여 사용한다. 그러나 본 논문에서는 외곽선 추출의 전처리 과정으로서 이미지에서의 잡음을 제거하는 알고리즘과 이를 바탕으로 외곽선을 더욱 효율적으로 추출할 수 있는 독창적인 알고리즘을 제시한다.

1. 서론

이미지를 처리하는 과정에서 외곽선 검출은 상당히 중요한 작업이다. 이는 사진을 분석할 때 외곽선을 따라 물체를 정의하는 것에서 확인해 볼 수 있다. 현재 가장 유명한 알고리즘은 C.E.D(Canny Edge Detection) 으로, 대부분의 외곽선 추출 방식이 이를 인용한다[1]. 본 논문에서는 이와 다른 방식으로도 정확한 추출이 가능함을 확인하기 위해 새로운 알고리즘을 제안하였다. 또한, 이미지를 편집, 추출하는 과정에서 잡음이 발생하는데 이중 salt and pepper 잡음을 제거하는 알고리즘을 제시하고, 그 성능을 확인하였다.

2. 용어 정리

본 논문에서 사용하는 용어는 다음과 같다.

이미지: 768×1024 bmp 파일을 의미한다.

잡음: 이미지를 처리하는 과정에서 발생하는 비정상적인 값을 의미한다.

외곽선: 밝기의 불연속적인 변화로 나타나는 선을 의미한다.

3. 이미지에서의 외곽선 검출

기존의 알려진 알고리즘인 C.E.D의 경우 방향벡터와 필터를 이용하여 외곽선을 검출하였는데, 순서는 다음과 같다.

1. 가우시안 필터를 이미지에 적용한다.
2. 밝기 값을 미분하여 경사를 찾고, 이를 경계로 지정한다.
3. 경계로 지정된 부분은 경사 값이 최소, 최대인 부분이 생기고 이를 통해 외곽선의 방향을 구하여 방향을 기준으로 주변의 외곽선을 검출한다.
4. 이렇게 검출된 외곽선들을 정확도에 따라 세 분류로 나누고, 가장 정확한 값들과의 연관성에 의해 최종적으로 표시할 외곽선을 검출한다[1].

그러나, C.E.D는 외곽선 검출에 필요한 하한값과 상한값을 사용자가 직접 정해야 하는 불편함이 있었다.

이와 다르게 본 논문에서는 다음과 같은 알고리즘을 제시한다. $P[i][j]$ 는 (i, j) 위치의 픽셀값이다.

1. 이미지를 그레이 스케일로 바꾼다.
2. 가우시안 필터를 적용한다.
3. 이미지 속 유사한 픽셀값들을 하나로 합쳐 외곽선의 구분을 쉽게 한다.
4. 이진화 함수 A 는 식 (1)과 같이 정의한다.

$$A(x, y, i, j) = \begin{cases} 1 & (|P[x][y] - P[i][j]| < 2) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

7×7 마스크 내에서 구한 누적 합 함수 $B(x, y)$ 는 식 (2)와 같이 정의한다.

$$B(x,y) = \sum_{i=x-3}^{x+3} \sum_{j=y-3}^{y+3} A(x,y,i,j) \quad (2)$$

7×7 마스크에 대한 평균 $Aver(x,y)$ 은 식 (3)과 같이 정의한다.

$$Aver(x,y) = \sum_{i=x-3}^{x+3} \sum_{j=y-3}^{y+3} \frac{P[i][j]}{49} \quad (3)$$

위 함수들을 이용하여 만든 결정함수 $C(x,y)$ 는 식 (4)와 같다.

$$C(x,y) = \begin{cases} 0 & B(x,y) < val2, \\ & P[x][y] < Aver(x,y) - 2 \\ 255 & otherwise \end{cases} \quad (4)$$

여기서 val2는 변동되며, 이는 과정 8에서 설명한다.

5. $C(x,y) = 0$ 인 점들을 기준으로 너비 우선 탐색을 사용해 이웃해 있는 점들($C(x,y) = 0$)을 하나로 묶는다.

6. 그룹 내 점들의 개수가 특정 개수 이하라면 이들은 외곽선이라 하기에 충분하지 않은 선을 나타내고 있으므로 $C(x,y) = 255$ 로 변경한다.

7. 필요 없는 외곽선을 추가로 제거하기 위해 침식 작업, 팽창 작업을 순서대로 시행한다.

8. val2 값이 클수록 이미지 평가함수 value() 값이 커진다. value()가 특정 범위에 들어오도록 val2 값에 대해 이분 탐색을 시행한다.

9. value() 함수는 외곽선이 과도하게 집중된 쪽이 없는지를 평가하여 만약 어떤 영역에서 외곽선이 과도하게 추출될수록 점수를 높게 부여한다. 이 함수의 수식은 실험적으로 결정하였다. Bmp 파일을 12×12 영역으로 나눈 후 각 구역의 점수를 계산한다. 한 구역의 $C[x][y] = 0$ 인 점의 개수를 k라 할 때, 점수는 식 (5)와 같다.

$$score = \begin{cases} \min(10, \frac{(k-40)^2}{16}) & (40 \leq k) \\ 0 & otherwise \end{cases} \quad (5)$$

value()는 각 영역의 score의 합으로 정의한다.

C.E.D와 제시한 알고리즘을 사진 (a)에 적용시킨 결과는 [표 1]과 같다.



[표 1] 사진(a)는 원본, 제시 알고리즘, C.E.D

4. 이미지에서의 잡음 제거

이미지를 처리하고 추출하는 과정에서 여러 잡음이 생기게 된다. 잡음에는 가우시안 노이즈, 페리오딧 노이즈, salt and pepper 노이즈 등이 있다. 본 논문에서는 salt and pepper 노이즈만 다룰 것이며, 이는 픽셀의 밝기 값이 0 또는 255로 바뀌어 잡음이 발생하는 것을 뜻한다. 본 연구에서는 잡음 제거 알고리즘 A1, A2를 제시한다.

A1은 다음과 같은 단계로 진행된다.

1. 신뢰도 : 픽셀의 신뢰도는 식 (6)과 같다.

$$bel(x,y) = \begin{cases} 0 & (P[x][y] = 0 \text{ or } P[x][y] = 255) \\ 1 & otherwise \end{cases} \quad (6)$$

2. 성공확률 : 신뢰도가 0인 픽셀들을 복원할 수 있는 정도로 정의하며, 주위 인접한 8개의 픽셀의 신뢰도 합으로 정의한다.

3. 성공확률이 가장 높은 것부터 픽셀 값을 복원함 복원 방식은 3-1~3-2와 같다.

3-1. (x, y)의 R값을 $R(x,y)$ 라 할 때 복원된 $R(x,y)$ 는 식 (7)과 같다.

$$R(x,y) = \frac{\sum_{i=x-1}^{x+1} \sum_{q=y-1}^{y+1} R(i,q) * bel(i,q)^3}{\sum_{i=x-1}^{x+1} \sum_{q=y-1}^{y+1} (bel(i,q))^3} \quad (7)$$

R,G,B 각각 위 수식을 적용하여 픽셀값을 결정한다. (x,y) 픽셀의 신뢰도를 결정할 때, 주위 8개의 픽셀 중 신뢰도가 0이 아닌 것들만 고려하며, 식은 식 (8)과 같다. 신뢰도가 0이 아닌 값 중 가장 작은 값을 A라 하자.

$$bel(x,y) = \max(A - 0.01, 0.5) * \sqrt{\prod_{bel(i,q) \neq 0} bel(i,q)} \quad (8)$$

3-2. 신뢰도가 낮다면 해당 픽셀 값이 맞다고 판단하기 어렵다. 이에 따라 아래의 A2 알고리즘을 사용하여 해당 픽셀을 새롭게 복원한다. 이때,

$$bel(x,y)' = bel(x,y) + 0.15 \text{를 적용한다.}$$

4. 구한 픽셀값을 이용해 주위 신뢰도가 0인 픽셀들의 성공확률을 갱신한다.

5. 3~4 과정을 반복하여 신뢰도가 0인 픽셀들을 모두 복원한다.

A2 알고리즘의 진행 단계는 다음과 같다.

1. 이미지에서 밝기 값이 0 또는 255인 점들을 잡음

으로 지정한다.

2. 노이즈로 지정된 점들을 중심으로 5×5 사각형을 잡고, 그 내부에서 잡음이 아닌 점들을 거리를 고려하여 값을 합산한다. 결과는 식 (9)와 같다.

$$Q[i][j] = \sum_{n=-2}^2 \sum_{m=-2}^2 P[i+n][j+m] \times dis_{nm} \times c \quad (9)$$

여기서 $P[i][j]$ 는 기준으로 잡은 잡음 픽셀, dis 는 기준 픽셀과 $P[n][m]$ 사이의 거리 값이고, c 는 보정 값이다. 이때 더해진 개수만큼을 나누어야 하고 이는 식 (10)이다.

$$ck[i][j] = \sum_{n=-2}^2 \sum_{m=-2}^2 dis_{nm} * c \quad (10)$$

새로운 밝기 값은 식 (11)이다.

$$P'[i][j] = \frac{Q[i][j]}{ck[i][j]} \quad (11)$$

3. 이렇게 바뀐 P' 값들을 기존의 P 배열에서 잡음인 경우만 P' 으로 바꾸어 두 배열을 합친다.
4. 이러한 과정 한 번으로는 모든 잡음이 제거되지 않을 수 있기에 모든 잡음값이 변할 때까지 1~3을 반복한다.

두 알고리즘 A1, A2를 각각 잡음의 비율이 70%, 90%인 사진에 적용하였고 그 결과는 [표 2]와 같다. 두 알고리즘의 비교에는 정확도 함수 SSIM (Structural Similarity Index Measure)을 적용하였다.

	
잡음 70%	잡음 90%
	
A1_70 : 0.9176	A2_70 : 0.8724
	
A1_90 : 0.8241	A2_90 : 0.7926

[표 2] 잡음 이미지 및 A1, A2를 적용한 결과

[표 2]와 같이 잡음이 효과적으로 제거되었으며, 잡음이 제거된 사진에서 외곽선을 검출한 결과는 [표 3]과 같다.



[표 3] 잡음 제거 이미지의 외곽선 검출 결과

5. 결론 및 제안

C.E.D는 이용자가 직접 하한값과 상한값을 넣어 외곽선을 추출하기에 정확도를 높일 수 있다는 장점이 있다. 하지만 이러한 점은 매번 하한값과 상한값을 넣어줘야 한다는 불편함이 있고, 이에 따라 본 논문에선 새로운 방식의 외곽선 추출 알고리즘을 제안하였다. [표 1]과 같이 두 프로그램을 비교한 결과, 기존과 유사한 성능을 보여줌을 확인할 수 있었다. 하지만 정확한 평가 기준을 정하지 못해 정확도를 수치적으로 비교하지 못하였기에 외곽선 추출 프로그램의 정확도를 비교하는 방안에 관한 연구가 추가되어야 한다.

이미지의 노이즈 제거의 경우 두 알고리즘 A1, A2를 제안하였으며, SSIM을 이용해 평가한 결과 70%의 노이즈 이미지에서 약 0.92, 90%에서 0.82가 나오는 것을 확인하였다. 이를 통해 두 알고리즘이 노이즈 제거의 정확도 측면에서 높은 정확성을 보인다는 것을 확인하였다.

참고문헌

[1] J. Canny, "A Computational Approach to Edge Detection," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. PAMI-8, no. 6, pp. 679-698, Nov. 1986