

## 광 섬유 연결 장치 응용을 위한 원 검출 및 근사화 방법

\*이범용 \*\*김진수

한밭대학교 정보통신전문대학원

\*calmdays@naver.com

## Circle Detection and Its Approximation for Fiber Optic Interconnecting Devices

\*Lee, Beom-Yong \*\*Kim, Jin-Soo

Hanbat National University, Graduate School of Information and Communications

## 요약

기존에 영상 내에 원형 검출 방법으로 가장 널리 사용되는 방법은 허프 변환에 기초한다. 허프 변환은 해석적 곡선의 각 점을 원의 중심 좌표와 반지름으로 매핑 시키는 과정을 포함한다. 이러한 과정은 실행시간을 매우 많이 필요로 하고 또한 응용에 따라서 최적의 원 근사화 방법을 찾는 데 문제점을 야기하기도 한다. 본 논문에서는 원형 모양인 광 연결 소자 장치로 제한된 응용환경에 대해 원 검출을 빠른 속도로 탐색하는 방법과 최적의 원 근사화 방법을 제안한다. 제안한 방법은 에지 검출과 검출된 에지를 이용한 중심좌표 및 반지름 탐색 그리고 최적화된 원 근사화 방법으로 구성된다. 모의실험을 통하여 제안한 방법은 기존의 오픈라이브러리로 제공되는 OpenCV의 허프 변환에 의한 방법에 비해 원 검출 및 근사화 방법에 있어 성능을 개선할 수 있음을 보인다.

## 1. 서론

허프 변환은 입력 영상의 모든 픽셀에서 국지적 그래디언트를 구하여 에지의 방향을 구하고, 이 방향을 따라 지정된 최소 거리부터 최대 거리까지의 직선을 그어서 해당 직선 위에 있는 점들의 값을 추적 평면에서 누적한다[1]. 또한, 이와 동시에 에지 영상에서 0이 아닌 픽셀이 존재하는 위치도 저장하여, 2차원 추적 평면에서 국지적 최댓값을 갖고, 이 값이 지정된 임계값보다 큰 점은 원 중심의 후보지로 선정한다[2]. 이러한 원 중심의 후보들은 추적된 값을 기준으로 내림차순으로 정렬되고, 누적된 값이 가장 많은 원의 중심이 먼저 선택되게 된다. 다음으로 각 원의 중심에서 0이 아닌 픽셀들을 모두 고려하게 된다. 이러한 구현 방법은 파이프나 케이블 등의 단면 같은 제한적인 영상을 분석하는 프로그램에서 불필요하게 많은 연산을 요구하게 된다[3].

본 논문은 광 섬유 연결 장치와 같이 크기가 매우 유사하고 반복적인 원을 검출하는데 필요한 원의 검출 방식과 이 원에 가장 최적의 근사화 방법을 제안한다. 제안한 방법은 기존의 일반적인 허프 변환이 갖는 높은 계산량을 단순화시켜서 원의 검출과 근사화 방식을 고안한 것이다.

## 2. 제안된 방식

먼저 검사영상을 입력으로 받아들인다. 이때 입력영상이라 함은 카메라에서 캡처된 정지영상 또는 동영상의 한 개 프레임을 입력받는다. 입력된 영상은 조명과 주위 환경에 따라 밝기의 최댓값과 최소값을 다르게 갖게 되므로, 화소 값의 범위를 넓은 고대비(high contrast)를 얻

고 시각적인 질을 개선하여 균일한 분포 밀도를 갖도록 하기 위해 히스토그램 평활화 기법을 수행한다. 다음으로는 원형 모양의 물체의 에지를 검출하는데 용이하기 위해 양방향 필터(Bi-lateral Filter)를 통과시켜, 에지를 잘 보존하고 원형을 검출하도록 구성한다.

양방향 필터링에 의해 각 객체내의 텍스처는 간단해 된 결과에 따라 에지 검출을 적용한다. 에지 필터링의 동작은 다음과 같이 요약된다. 먼저 소벨(Sobel) 연산자를 사용하여 그래디언트 벡터의 크기를 계산한다. 둘째, 가느다란 에지를 얻기 위해 3x3 창을 사용하여 그래디언트 벡터 방향에서 그래디언트 크기가 최댓값인 것만을 남기고 나머지는 0으로 억제한다. 셋째, 연결된 에지를 얻기 위하여 두 개의 임계값을 사용하는데, 높은 값의 임계값을 사용하여 그래디언트 방향에서 낮은 임계값이 나올 때까지 추적하며 에지를 연결하는 히스테리시스 임계값 방식을 사용한다.

이렇게 해서, 얻어진 에지는 연결된 시퀀스 형태로 구해지며, 구해진 에지의 좌표를 이용하여 무게중심 좌표를 결정할 수 있는데 에지로 둘러싸인 물체에 대한 내부 좌표 집합을 구하기 위해 먼저 영상 내에 임의로 주어진 좌표  $(p, q)$ 와  $(x_e, y_e)$ 로 만들어지는 직선을 구하여 직선 위에 있는 모든 점들의 좌표를  $F$ 라고 하면,  $F$ 에 포함되면서 동시에 에지 좌표에 포함되는 경우를 고려함으로써, 에지로 둘러싸인 내부의 좌표로 찾을 수 있게 된다. 따라서 주어진 입력 영상의 좌표들을 스캔하면서 무게중심과의 거리를 측정하고 현재 스캔된 주어진 좌표  $(p, q)$ 와 무게중심좌표  $(x_e, y_e)$ 가 이루는 직선을 구하고, 그 직선 위에 있는 에지좌표를 구하고, 그 에지좌표와 무게중심좌표와의 거리를 조사함으로써 에지로 둘러싸인 내부 좌표가 결정된 후에는 원 및 원 내부 좌표를 결정하는 과정이 요구된다. 먼저 원의 중심좌표는 앞서 구현

무게 중심 좌표를 원의 초기 중심좌표( $x_c(0), y_c(0)$ )로 고려하고 에지좌표들의 평균으로 초기 반지름을 구하여 원 내부의 점으로 이루어진 점들의 집합은 구한다.

원과 원의 내부좌표들이 결정되면, 에지를 최적으로 근사화하는 원을 찾는 과정을 수행한다. 최적으로 근사화 가능한 점의 좌표를 구하기 위해 에지로 둘러싸인 내부의 좌표의 개수는  $n(A)$ 로 표시하고, 원 내부의 좌표의 개수는  $n(B)$ 로 표시한다. 집합A와 집합B의 교집합으로 이루어지는 공통된 좌표들의 개수는  $n(A \cap B)$ 로 표시하여 초기에 결정된 원의 중심좌표와 반지름을 일정 범위 내에서 가변 하여 차집합이 최소의 값이 되는 원의 중심과 반지름을 찾아 최적으로 근사화 한다.

### 3. 모의실험 및 검토



그림 1 허프 변환



그림 2 원 영상과의 오차



그림 3 제안 방법



그림 4 원 영상과의 오차



그림 5 허프 서클



그림 6 원 영상과의 오차



그림 7 제안 방법



그림 8 원 영상과의 오차

	원 영상과 허프 변환으로 탐색한 원과의 오차 범위	원 영상과 제안 방법으로 탐색한 원과의 오차 범위
영상 1	1074pixel 0.51%	270pixel 0.12%
영상 2	963pixel 0.46%	280pixel 0.13%

표 1 640 x 480 케이블 단면 이미지에 대한 실험 결과

640 x 480 사이즈의 광 섬유 단면의 입력 영상에 적용하여 기존의 방법인 허프 변환과 비교, 검토하여 보았다.

그 결과 제안한 방법은 원의 중심좌표와 반지름을 일정 범위 내에서 가변 하여 차집합이 최소의 값이 되는 원의 중심과 반지름을 찾음으로써 원 영상과의 오차율을 허프 변환 대비 0.4% 줄여 오차율 0.1% 내로 원을 근사화 하였다.

### 4. 결론

본 논문에서는 광 섬유 연결 장치와 같이 크기가 매우 유사하고 반복적인 원을 검출시 허프변환은 불필요하게 많은 연산을 요구하게 되어 필요한 원의 빠른 검출 방식과 이 원에 가장 최적의 근사화 방법을 제안한다. 제안한 방법은 기존의 일반적인 허프 변환이 갖는 높은 계산량을 단순화시켜서 빠른 속도로 탐색하여 최적으로 원을 근사화 한다.

이러한 구현 방법은 파이프나 케이블 등의 단면 같은 제한적인 영상에 대한 원 검출 및 근사화 방법에 있어 성능을 개선할 수 있음을 보인다.

#### 감사의 글

본 논문은 중소기업청에서 지원하는 2013년도 산학연공동기술개발사업 (No.C0149436)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

### References

- [1] S. Tsuji and F. Matsumoto, "Detection of Ellipses by a Modified Hough Transformation," IEEE Trans. Computers, vol. C-27, no. 8, pp. 777-781, 1978
- [2] P. Shetty, "Circle Detection in Images," Master Thesis, San Diego State University, 2011.
- [3] M. Khamees and M. Al-karawi, "A Proposed Algorithm for Circle Detection Using Prewitt Edge Detection Technique," International Journal of Development Research, Vol. 4, pp. 310-312, Feb. 2014