

하프 변환을 이용한 직선 및 타원 검출법

正會員 金 廈 錫* 正會員 金 蘭* 正會員 李 炅 宰* 正會員 宋 鐵*

Detection of Lines and Ellipses using Hough Transform

Ha Seok Kim*, Ran Kim*, Jung Jae Lee*, Chol Song* *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 직선과 타원, 원들이 섞여있는 영상의 에지로부터 하프변환을 이용해 직선, 타원, 원등을 분리검출하는 방법을 제안하였다. 하프변환은 직선검출에 강하므로, 우선 직선을 검출해 내고, 검출된 직선의 좌표를 제거하므로써 타원의 검출을 용이하게 하였다.

타원의 검출은 하프변환할때 누적을 이용하지 않고 기하학적 특징을 줄 수 있는 점의 좌표를 선택하고, 그 좌표를 써서 최소자승법으로 타원을 결정 하였으며, 같은 방법으로 원을 검출하였다.

ABSTRACT

This paper presents a method of detecting lines and ellipses from the image by using Hough transform(HT) known as a robust line detection method against noise. Lines are first detected by conventional HT. Then points of the lines are eliminated to reduce the calculation cost and to ease detection of ellipses.

For ellipse detection, parameters of the ellipse are calculated by Least Square Method using particular points that contain geometric properties of the ellipse, instead of accumulating Hough array. Circles are detected in the same way as ellipse detection.

I. 서 론

영상에서 물체의 위치, 동작계산, 형상을 찾는것이 컴퓨터 그래픽스, 로보트, 방위산업, 공장제어, 의학 분야등의 산업에 널리 적용되고 있다^{(1),(2),(3),(4)}.

임의의 영상에서 직선 및 곡선 그리고 임의의 형상 등을 물체의 중요한 특징이 주로 에지로 취급되는데, ⁽⁵⁾ 이러한 특징을 추출하는 방법 중에서도 하프변환은 잡음에 강하고, ^{(6),(7)} 동작계산과 다차원패턴(multi-dimensional pattern) 검출에서도 강력한 기술이라는 것은 잘 알려져 있다^{(8),(9),(10)}.

물체의 위치측정과 형상결정 등은 패턴인식에도 해결해야할 중요한 문제이기 때문에 수많은 접근법이 제시되었으나, ^{(11),(12)} 하프공간에서 누적되는 피크 수가 파라미터 수에 따라서 거의 지수함수적으로 증

* 朝鮮大學校 電算統計學科
Dept. of Computer Science & Statistics Cho Sun Univ.
論文番號 : 93-159

가하여 기억용량과 계산시간을 대단히 많이 요구하게 된다^{(13),(14)}. 또한, 파라미터 수를 줄이기 위한 노력도 계속되어 왔지만 영상이 복잡하고 겹쳐져 있는 경우 등은 특징을 검출하기 어렵다^{(15),(16)}.

본 논문에서는 이러한 문제점들을 개선해 보고자 직선 과 타원으로 이루어진 영상으로부터 직선 과 타원을 검출하는 방법과 필요한 연산회수를 감소시키는 방법을 제안한다.

연산회수를 줄이는 방법 중에는 첫째, 영상을 블록으로 분할하여 처리시간을 단축시키는 방법. 둘째, 예지의 데이터를 축소시키는 방법. 셋째, 검출하기 쉬운 특징부터 추출하는 방법이 있는데 직선은 2개의 파라미터로 결정되고, 타원은 5개의 파라미터로 결정되므로 예지점의 수가 m일때 각각 mC₂, mC₅회의 계산이 필요하다. 따라서 타원검출의 연산회수를 줄이는 기술이 요구된다.

하프변환은 직선검출에 강력하고 직선검출은 다른 형상의 검출에 비하여 연산회수가 적으므로, 혼합영상에서 먼저, 직선을 검출하고 검출된 직선을 이루는 데이터를 제거함으로써 타원 검출을 용이하게 하였고, 데이터 수를 대폭 감소시키므로써 연산회수를 줄였다. 타원의 검출은 하프변환시 누적값을 이용하지 않고 타원의 특징을 결정짓는 ρ(원점에서 직선까지의 거리)와 θ(ρ와 x축이 이루는 각)를 이용한다.

II. 직선검출

1. 하프변환

하프변환을 이용하여 직선검출을 수행하기 위해서는 (x, y)점을 지나는 직선을 theta-rho(θ, ρ) 파라미터인 식(1)로 표현한다.

$$\rho = x \cos \theta + y \sin \theta \tag{1}$$

영상공간에서 한 점을 지나는 모든 직선은 (θ, ρ) 공간에 사상시키면 그림1에서와 같이 각각 A, B, C 인 곡선 궤적을 나타낸다. 이때, 3점 A, B, C를 잇는 선분은 하프 공간에서 곡선 궤적의 교점으로 표현된다. 직선검출을 위한 하프변환의 개념을 그림1에 보였으며, (a)는 영상공간, (b)는 하프공간, (c)는 직선 AC에 해당하는 θ와 ρ의 위치를 나타낸다.

직선검출 하프변환을 수행하기 위해서, (θ, ρ)공간을 크기 Nθ*Nρ인 2차원 하프배열 H(k, 1)로 표현하고, 대응되는 하프배열의 원소의 값을 "1"씩 누적시킨다. 교점의 수가 클수록 누적배열 값이 증가하므로 누적배열내에서 높은 피크값을 검색하여 직선을 검출한다. 이때, 파라미터를 양자화하는데 그 값은 식(2)의 범위에서 식(3), (4)와 같이 k와 1로 결정한다. 여기서, 양자화의 크기(Nθ, Nρ)는 직선검출 정도에 영향을 받기때문에 적절한 값을 선택해야 한다.

$$\left. \begin{aligned} -\rho_{\max} \leq \rho \leq \rho_{\max} \\ -\frac{\pi}{2} \leq \theta \leq \frac{\pi}{2} \end{aligned} \right\} \tag{2}$$

$$k = \frac{\pi/2 + \theta}{\pi} N\theta \tag{3}$$

$$l = \frac{\rho_{\max} + \rho}{\rho_{\max}} N\rho \tag{4}$$

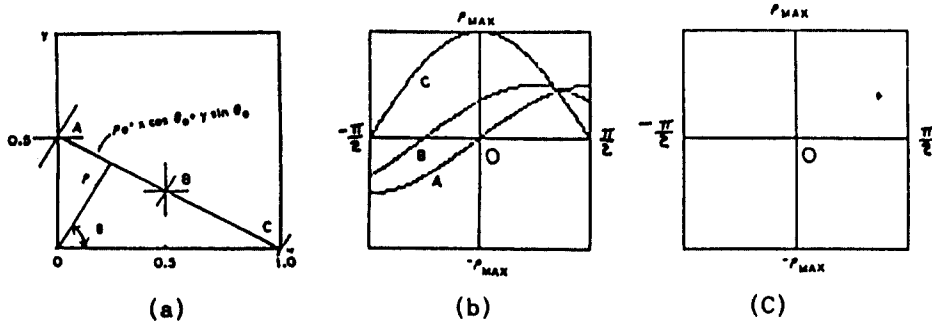


그림 1. 직선검출을 위한 하프변환
 Fig 1. Hough transform for straight line detection

2. 직선검출 알고리즘

에지데이터를 전부 사용하지 않고, 직선검출에 지장이 없을 정도로(17) 랜덤하게 취하여 하프변환 하역도 직선이 검출된다. 전체의 데이터를 약 1/n로 취하면, 검출연산회수는 식(5)와 같이 감소한다.

$$m/n C_2 = \frac{m(m-n)}{2n^2} \doteq \frac{mC_2}{n^2}, n \ll m \quad (5)$$

직선검출 하프변환의 과정은 다음과 같다.

- 단계1. bucket수(양자화의 크기) $N\theta$ 와 $N\rho$ 를 입력한다. (중위점이 존재하도록 기수개를 취해야 하기 때문에 0을 포함시켜 우수를 취함)
- 단계2. 에지의 위치 i, j 두점에서 구해지는 θ, ρ 값을 식(6), (7)로 구하여 $k, 1$ 로 양자화한다.

$$\theta = \tan^{-1}(x_j - x_i)/(y_j - y_i) \quad (6)$$

$$\rho = x_i \cos\theta + y_i \sin\theta \quad (7)$$

이때, $k, 1$ 은 식(3), (4)로부터 구한다.

단계3. 누적배열 $H(k, 1) = H(k, 1) + 1$ 를 구한다.

단계4. $H(k, 1)$ 임계값을 만족하는 2차원 하프배열 $\theta(i), \rho(i)$ 로 구성한다.

단계5. $\theta(i), \rho(i)$ 에 대한 직선을 그린다.

단계6. 시작점(x_0, y_0)에서 끝점(x_e, y_e)까지 직선에 따라 에지점과 비교하면서 직선을 나타내었던 에지점을 제거한다.

$$Ax^2 + Bxy + Cy^2 + Dx + Ey = 1 \quad (8)$$

이거나, 또는

$$\frac{r^2 \cos^2(\phi - \theta)}{a^2} + \frac{r^2 \sin^2(\phi - \theta)}{b^2} = 1 \quad (9)$$

이다. 여기서, $r^2 = (x - x_0)^2 + (y - y_0)^2$

타원이 결정되기 위해서는 식(8)에서 A, B, C, D, E를 또는 식(9)에서 x_0, y_0, a, b, ϕ 의 5개 파라미터를 알아야 한다. 파라미터를 구하기 위해서는 최소한 5개 이상의 식이 필요하므로, 5개 이상의 정보가 필요하다. 이런 점들은 타원의 접선의 점점들로서 적당한 간격으로 분포된 것이면 좋을 것이다. 직선을 검출하기 위한 하프변환에서 모든 수평, 수직, $\pm 45^\circ$ 선들(그림 2(a) - (b))의 범위는 그림3(a)의 번호 범위이며, 타원의 점점들은 각각 해당번호 ①~⑧이고 이것을 타원 결정을 위한 특징점으로 택한다.

- ①, ②는 $\theta = 90^\circ$ 에서 ρ_{max}, ρ_{min} 이 되는 $(x_1, y_1)(x_2, y_2)$
- ③, ④는 $\theta = 0^\circ$ 에서 ρ_{max}, ρ_{min} 이 되는 $(x_3, y_3)(x_4, y_4)$
- ⑤, ⑥은 $\theta = 45^\circ$ 에서 ρ_{max}, ρ_{min} 이 되는 $(x_5, y_5)(x_6, y_6)$
- ⑦, ⑧은 $\theta = 45^\circ$ 에서 ρ_{min}, ρ_{max} 가 되는 $(x_7, y_7)(x_8, y_8)$ 이다.

타원중심의 좌표는 ①, ②로 부터

$$y_0 = (y_1 + y_2)/2 \quad (10)$$

을 구하고, ③, ④로 부터

Ⅲ. 타원검출

타원의 일반식은

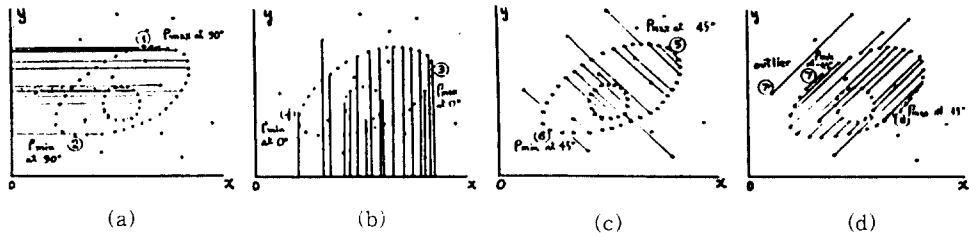


그림 2. 하프변환시 이루어지는 모든 직선 중 수평, 수직, $\pm 45^\circ$ 직선들.

Fig 2. Horizontal, Vertical and $\pm 45^\circ$ lines among the lines produced by Hough transform.

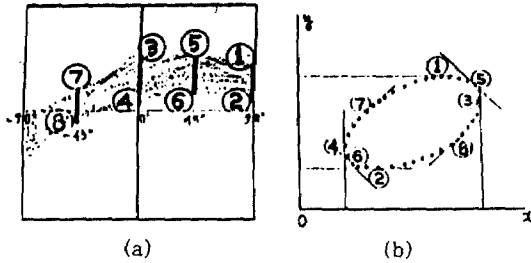


그림 3. 타원을 검출하기 위한 특징점들
Fig 3. Feature points for ellipse detection

$$x_0 = (x_3 + x_4) / 2 \tag{11}$$

을 구한다.

중심 x_0, y_0 의 두 파라미터가 결정되면 식(9)에서 a, b, ϕ 를 식(8)에서는 A, B, C 를 결정하면 되기때문에 3개의 정보가 필요하다. 그러나 ①, ②, ③, ④는 중심을 구하는데 사용하였고, 중심점에 대하여 점대칭 관계가 있으므로 나머지 파라미터를 구하는데 적합하지 않다. 따라서 적어도 ①, ②, ③, ④ 이외의 한 정보를 사용해야 한다.

타원 외부의 잡음이 적을 때나 타원이 심하게 손상되지 않을 때는 3개의 점으로 필요한 3 파라미터 값을 결정할 수 있지만, 잡음이 있거나 정확한 타원이 아니면 오차가 큰 타원이 얻어지므로 가능한 한 오차를 줄이기 위해 ①~⑧ 전부를 이용한 최소자승법을 사용한다. 이때, 계산을 간단히 하기 위하여 중심(x_0, y_0)을 원점으로 이동시킨다. 모든 좌표 값을 $(-x_0, -y_0)$ 만큼 이동시키면, 타원의 식은

$$Ax^2 + Bxy + Cy^2 = 1 \tag{12}$$

이 되고, A, B, C 를 구하기 위한 정규방정식은 식(16)인데 식(12)를 식(13)으로 변형하고

$$xy = 1/B - (A/B)x^2 - (C/B)y^2 \tag{13}$$

여기서

$$\left. \begin{aligned} C_1 &= 1/B, C_2 = -A/B, C_3 = -C/B \\ g_4 &= xy, g_1 = 1, g_2 = x^2, g_3 = y^2 \end{aligned} \right\} \tag{14}$$

로 놓으면, 식(15)에서 식(16)의 형태로 쓸수 있다.

$$g_4 = C_1g_1 + C_2g_2 + C_3g_3 \tag{15}$$

$$\left. \begin{aligned} \sum g_4g_1 &= C_1\sum g_1^2 + C_2\sum g_1g_2 + C_3\sum g_1g_3 \\ \sum g_4g_2 &= C_1\sum g_1g_2 + C_2\sum g_2^2 + C_3\sum g_2g_3 \\ \sum g_4g_3 &= C_1\sum g_1g_3 + C_2\sum g_2g_3 + C_3\sum g_3^2 \end{aligned} \right\} \tag{16}$$

C_1, C_2, C_3 를 구하면 식(14)에서 변형된 식(17)로부터 A, B, C 를 구할수 있다.

$$B = 1/C_1, A = -BC_2, C = -BC_3 \tag{17}$$

타원의 파라미터 회전각 ϕ , 장축 a , 단축 b 는

$$\phi = (1/2)\tan^{-1}(B/A - C) \tag{18}$$

$$a = ((\tan^2 \phi - 1)/(C \tan^2 \phi - A))^{1/2} \tag{19}$$

$$b = \sin \phi / ((A - \cos^2 \phi)/a^2)^{1/2} \tag{20}$$

이다. 이때 $A \neq C$ 이면 반지름이

$$r = 1/\sqrt{A} \tag{21}$$

인 원이 된다.

A, B, C 를 구하기 위한 정규방정식은 식(12)를 식(22), (23)등의 형태로

$$x^2 = 1/A - (B/A)xy - (C/A)y^2 \tag{22}$$

$$y = 1/(Bx) - (A/B)x - Cy^2/Bx \tag{23}$$

부터 얻을수 있으나 변수가 분모에 포함될 때는 분모가 0이 되는 경우를 주의해야 한다.

IV. 실험 및 고찰

1. 직선검출

그림4 (a)와 같은 예지의 대하여 직선, 타원, 원을 분리검출하는 실험을 하였다. 우선 예지를 이루고 있는 점의 수를 계수하면서 점의 좌표값을 2차원 배열로 배열하고 하프변환을 한다. 예지점의 수는 467점이었고 θ, ρ 의 양자화 수는 $N_\theta = 196, N_\rho = 196$ 로 하였다.

전체 데이터를 사용했을 때는 ${}_{467}C_2 = 108,811$ 회의 하프변환연산이 필요하나 데이터를 1/6개 만큼 취하면 도합 약 3,000회 만의 연산으로 직선이 검출되고 그 결과는 그림 4 (d)와 같다. 그림 4 (e)는 끝점을 찾아 재구성한것이다.

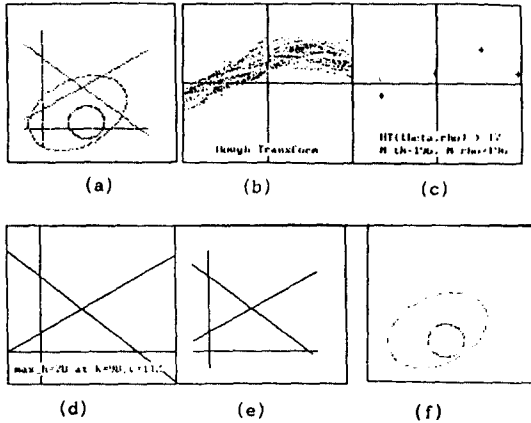


그림 4. 검출과정

Fig 4. Detection procedure

- a) 원 에지점
 - b) 하프변환($\theta-\rho$ space)
 - c) 임계값을 초과하는 θ_s, ρ_s
 - d) 재생직선
 - e) 끝점이 수정된 재생직선
 - f) 직선이 제거된 에지
- a) original edge
 - b) Hough transform(θ, ρ space)
 - c) θ_s and ρ_s beyond threshold
 - d) reproduced lines
 - e) reproduced lines with corrected ends
 - f) line-eliminated edge

그림 4 (b)은 하프변환한 $\theta-\rho$ 평면이고, 그림 4(c)는 누적배열이 임계값 이상인 $\theta-\rho$ 값 만큼 표시한것이다. 그림 4(d)는 (c)의 피크점에 해당하는 직선들이다. 그림 4(f)는 원래의 에지영상에서 직선을 이루고 있는 점을 제거하고 남은 영상들이다. 직선을 그리기 위해서는 화면의 경계와 만나는 끝점의 좌표를 찾아야 하는데, 그 끝점은 그림 5와 같은 경우가 있고 각 경우의 끝점 계산 방법을 표 1에 나타냈다.

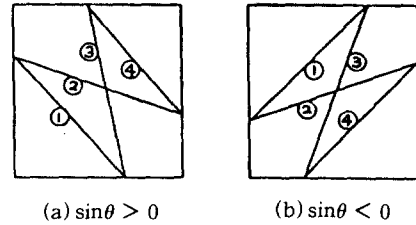


그림 5. 직선의 시점과 끝점의 경우들

Fig 5. Cases of start-end points of the lines.

2. 타원검출

그림 4(f)의 에지의 점을 계수하고 2차원 배열로 만들어 다시 하프변환을 한다. 이때는 누적을 구하지 않고 타원의 결정에 필요한 특징점을 찾아야 하는데 이 점들은 그림 3(b)에서의 ①-⑧이다. 그림 4(f)의 경우, 점의 수는 $m = 161$ 개이고 직선검출 하프변환에 의해 구한 특징점의 좌표는 표 2와 같다. 이 점으로부터

중심 $(x_0, y_0) = (40, 30)$

장축 $a = 30$

표 1. 시점 및 끝점 계산식

Table 1. Equations for calculating start-end points.

		$\sin(\theta) > 0$	$\sin(\theta) < 0$
시점	①, ②의 경우	$x_0 = 0$ $y_0 = \rho / \sin \theta$	$x_0 = 0$ $y_0 = \rho / \sin \theta$
	③, ④의 경우	$x_0 = \rho / \cos \theta - (\cos \theta / \sin \theta) y_m$ $y_0 = y_m$	$x_0 = \rho / \cos \theta$ $y_0 = 0$
끝점	②, ④의 경우	$x_e = x_m$ $y_e = (-\cos \theta / \sin \theta) x_m + \rho / \sin \theta$	$x_e = x_m$ $y_e = (-\cos \theta / \sin \theta) x_m + \rho / \sin \theta$
	①, ③의 경우	$x_e = \rho / \sin \theta$ $y_e = 0$	$x_e = (-\sin \rho / \cos \theta) y_m + \rho / \cos \theta$ $y_e = y_m$

표 2. 특징점의 좌표값들

Table 2. Coordinates of feature points.

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
x	47	27	68	12	67	12	15	55
y	52	7	35	21	42	21	33	16

단축 $b=20$
회전각 $\phi=30^\circ$

그림5(a)는 검출된 타원이고, 그림5(b)는 타원을 이루고 있는 점을 제거한 나머지 에지를 나타낸 것이다.

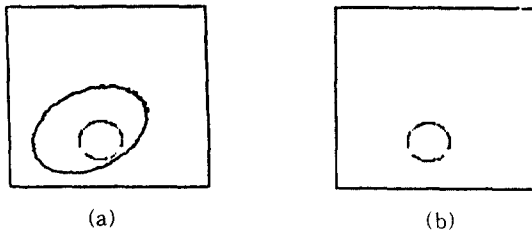


그림 6. 검출하여 재생한 타원과 나머지 에지
Fig 6. Detected ellipse and remaining edge.

그림6(b)의 에지좌표를 계수한 결과 $m=67$ 개였다. 이에 대하여 타원 검출시의 똑같은 연산의 결과식(10), (11)에 의하여 중심이 (45, 24)로 구해지고, 식(21)에 의하여 반지름 $r=10$ 인 원으로 검출되었다.

3. 고 찰

(1) 데이터의 축소

에지점을 수평방향으로 추적하여 번호를 부여한 총 m 개의 데이터를 축소하는 방법에는 3가지 종류가 있다.

① nr (선택점의 수) $= m/ns$ (축소배수)개를 랜덤하게 취하는 방법.

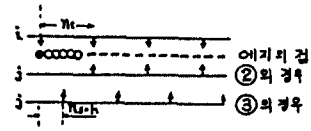
$$i = m \cdot \text{rand}() : j = m \cdot \text{rand}() : (j \neq i < m).$$

② 순서적으로 간격 ns 를 두고 선택하는 방법.

$$\text{for } (i=0:i<m:i+=ns) \text{ for } (j=i+ns;j<m:j=j+ns).$$

③ 두점중 한점은 간격 ns 이내의 점을 취하는 방법.

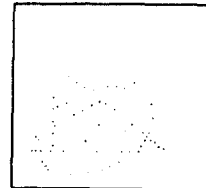
$\text{for } (i=0:i<m:i=i+ns) \text{ for } (j=i+ns \cdot h;j<m;j=j+ns)$ 여기서 $h < 1$ 임. ③의 경우는 ①②의 경우와 같이 nrC_2 의 연산횟수와 거의 같으나 i 와 j 가 서로 엇비껴 사용되므로 2배의 데이터가 사용된 것이다.



(a)



(b) ①의 경우



(c) ②의 경우

그림 7. 데이터 축소를 위한 선택
Fig 7. Point selection for data-reduction.

(2) 잡음의 영향

본 방법은 특징점으로서 타원의 접선의 접점을 택하였기 때문에 타원내부잡음에는 영향을 받지 않는다. 그러나 그림2(b)에서와 같이 접선과 평행인 점 ⑦와 같이 접점이외의 점이 선택되면 오차가 큰 타원이 얻어진다. 이때는 통계학의 이론을 적용하여 아웃라이어(outlier)를 제거하는 방법을 택해야 할 것이다.

(3) 손상된 타원의 검출

특징점으로 택할 부분이 손상된 예지로 된 타원의 경우에도 접점이 아닌 타원의 한 점이 선택되므로 지장은 없다. 그러나 내부잡음이 있을 때는 다른 방향의 접점을 추가로 구하여 타원을 구하고 잡음이 있을 경우와 마찬가지로 통계학의 이론을 이용하여 그 데이터를 탈락시켜 오차가 적은 타원을 결정한다.

V. 결 론

하프변환은 직선 검출에 강력하여, 복잡한 영상에서도 직선 성분을 잘 검출해 낸다. 잡음이나 각종 곡선이 섞여있는 경우도 쉽게 직선을 검출하는 기능을 이용하여 우선, 직선을 검출하고 이 직선을 제거함으로써 다른 곡선을 검출하는데 연산회수를 크게 감소시킬 수 있다.

본 연구는 타원의 외부잡음이 없고 단독으로 있을 때 유용하며, 특히 교차하지 않는 다중으로 내포된 타원 또는 원을 검출하는데 적합하다. 타원이나 원에 결손이 있을때도 최소자승법을 사용하므로 잘 검출되었다. 앞으로 외부잡음이 심할때나 교차하는 타원의 효과적인 검출법이 연구되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. H.MAITRE, "Contribution to The Prediction of Performance of The Hough Transform," IEEE Trans. on Pattern Anal. and Machine Intell., Vol. PAMI-8, No.5, Spet., 1986.
2. J. Illingworth and J.Kittler, "A Survey of The Hough Transform," Comput. Vision Graphics Image Process. 44, 87-166. 1988.
3. Raymond K.K.Yip, Peter K.S.Tam and Dennis N.K.Leung, "Modification of Hough Transform for Circles and Ellipses Detection Using a 2-Dimensional Array," Pattern Recognition, Vol.25, No.9, pp.1007-1022, 1992.
4. D.H.Ballard and C.M.Brown, Computer Vision, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1992.
5. D.H. Ballard, "Generalizing the Hough Transform to Detect Arbitrary Shapes," Pattern Recognition. 13. NO.2, 1981, 111-121.
6. S.D. Shapiro, "Transforms for The Computer

- Detection of Curves in Noisy Pictures." Comput. Graphics Image Process. 4. 328-338, 1975.
7. S.D.Shapiro, "Properties of Transforms for The Detection Curves in Noisy Pictures." Comput. Graphics Image Process. 8. 219-236, 1978.
8. P.V.C. Hough, "Method and Means for Recognizing Complex Patterns," U.S. Patent 3069654, 1962.
9. R.O. Duda and P.E.Hart, "Use of the Hough Transform to Detect Lines and Curves in Pictures." Com. ACM 15, No, 1, 1972, 11-5.
10. S.D.Shapiro, "Feature Space Transform for Curve Detection," Pattern Recognition, 10, 1978, 129-143.
11. A.Iannino and S.D.Shapiro. "A Survey of The Hough Transform and Its Extensions for Curve Detection," IEEE Conf. Pattern Recognition Imge Process. PRIP'78, pp.32-38. Chicago.1978.
12. E.R. Davies, "A High Speed Algorithm for Circular Object Location," Pattern Recongnition Lett.6, 323-333. 1987.
13. H.Muammar and M.Nixon, "Approaches to Extending The Hough Transform," Proc. ICASSP, pp.1556-1559, 1989.
14. V.F.Leavers, D.Ben-Tzvi and M.B.Sandler, "A Dynamic Combinational Hough Transform for Straight Lines and Circles," Proc., University of Reading.1989.
15. S.Tsuji and F.Matsumoto, "Detection of Ellipses by a Modified Hough Transform," IEEE Trans. Computer c-27(8), 777-781, 1978.
16. E.R.Davies, "Finding Ellipses Using the Generalized Hough Transform," Pattern Recognition Lett. 9. 87-96. 1989.
17. Bergen J.R., Shvaytser H., "A Probabilistic Algorithm for Computing Hough Transforms," Journal of Algorithm, 12(4) : 639-656, December 1991.

金 庚 錫(Ha Seok Kim)

정회원

1959년 8월 13일생

1985년 : 조선대학교 공과대학 전자공학과(공학사)

1987년 : 조선대학교 대학원 전자공학과(공학석사)

현재 : 조선대학교 대학원 전기공학과 수료

※주관심분야: 영상신호처리, 컴퓨터비전



金 蘭(Ran Kim)

정회원

1963년 1월 24일생

1985년 : 조선대학교 문리대학 전산
통계학과(이학사)

1987년 : 조선대학교 대학원 전산통
계학과(이학석사)

현재 : 조선대학교 대학원 전산통계
학과 박사과정 중

※주관심분야: 영상처리, 컴퓨터그래픽스

李 炅 宰(Jung Jae Lee)

정회원

1961년 2월 12일생

1986년 : 조선대학교 공과대학 전산기공학과(공학사)

1989년 : 조선대학교 공과대학 전산기공학과(공학석사)

현재 : 조선대학교 대학원 전산통계학과 박사과정 중

※주관심분야: 영상처리, 문자인식



宋 鐵(Chol Song)

정회원

1938년 2월 28일생

1961년 : 조선대학교 전기공학과
(공학사)

1977년 : 조선대학교 대학원 전기공
학과(공학석사)

1985년 : 전북대학교 대학원 전기공
학과(공학박사)

1973년~현재 : 조선대학교 공과대학 컴퓨터공학과

※주관심분야: 신호처리, 영상처리