

Hough Transform 정보로부터 입력 직선의 위치와 실제 길이 정보 추출

°김기정*, 박상국**, 김종윤; 박세준, 배장근***, 김수중*

* 경북대학교 전자공학과

** 포항 산업과학 연구원

*** 구미 1 대학 전자정보과

Extracting the Position and the True Length of the Input-Line from Hough Transform data

Ki-Jung Kim*, Sang-Gug Park**, Jong-Yun Kim*, Se-Joon Park*, Jang-Keun Bae***, Soo-Joong Kim*

* Dept. of Electronics Eng., Kyungpook Nat'l Univ.

** Research Institute of Industrial Science & Technology

*** Dept. of Electronics & Information, Kumi College

E-mail : kkj16@palgong.kyungpook.ac.kr

Abstract

In this paper, we proposed the new method of extracting the position and the length of the input-line by using only two parameters (θ, ρ) from the HT(Hough Transform) data. The computer simulations and the optical experiments by using the HT CGH(Computer Generated Hologram) filter is performed. The results are very similar to those of the computer simulation results.

1. 서론

Hough Transform(HT)[1]은 영상내의 직선과 곡선을 검출함에 있어서 유용한 방법으로 패턴인식 분야에서 널리 이용되어 왔으며 특히 의료용 영상처리, 로봇 비전, 산업용 검사 영역등에 있어 3 차원 또는 2 차원 물체로부터 원하는 선 모양을 검출하기 위해서 광범위하게 연구되어 왔다. 전통적인 HT은 입력 영역에서의 하나의 직선을 파라미터 영역에서 하나의 첨두치로 정합시킨다. 그 첨두치로부터 입력 직선의 원점에서의 거리

와 각도 정보는 알 수 있지만 정확한 직선의 위치는 알 수 없다. 그래서 J. Richards 등의 논문[2]에서는 직선의 중심점과 첨두치의 세기로 직선의 위치를 추출하는 방법이 제안되었다. 그러나 이 방법에서는 HT 좌표계에서 중심점에 대응하는 중앙 곡선을 찾기 어려울 뿐만 아니라 HT을 구하는데 있어서 HT 영상의 첨두치의 세기가 직선의 점의 수에 의존하고 있어 직선의 길이에 오차가 생기게 된다. 본 논문에서는 이러한 선 모양을 검출하는데 있어서 HT의 정보로부터 정확한 직선의 위치와 길이를 구하는 방법을 제안하였다. HT 된 영상을 적절한 문턱값으로 이진화한 영상에서 직선의 양 끝점의 좌표를 구하여 직선의 위치와 길이를 알 수 있다. 이 방법은 직선의 길이에 대한 오차를 없앨 수 있고, 양 끝점을 구할 때 HT 정보의 포락선만을 이용하므로 더 쉽고 정확하게 위치를 추출할 수 있다.

HT의 처리 속도의 개선을 위해 컴퓨터 형성 홀로그램(Computer Generated Hologram ; CGH)을 이용하여 광학적인 HT을 구현하였다.

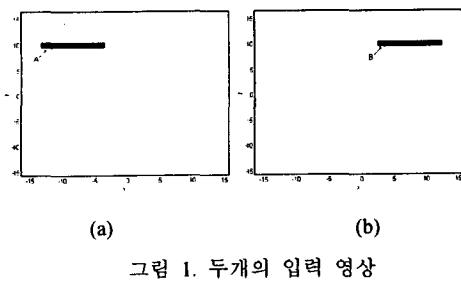


그림 1. 두개의 입력 영상

2. 이론적 배경

입력 좌표계 (x, y) 로부터 HT 좌표계 (θ, ρ) 로의 변환은

$$\rho = x \cos \theta + y \sin \theta \quad (1)$$

과 같다.

하나의 직선 위의 한 점은 HT 좌표계에서는 하나의 정현곡선으로 정합되고, 입력 영역에서 하나의 직선은 HT 좌표계에서 첨두치 (θ_0, ρ_0) 로 변환되어진다. 여기서 ρ_0 는 원점에서부터 직선까지의 최단거리이고, θ_0 는 ρ_0 가 x 축과 이루는 각도를 나타낸다.

동일한 HT 첨두치를 가지는 두 입력 영상은 그림 1에서와 같다. 이들의 HT 영상은 각각 그림 2(a), 2(b)와 같고 이들은 같은 HT 첨두치 $(90^\circ, 10)$ 을 가진다.

그림 2(a), 2(b)의 HT 첨두치만으로는 모두 그림 3에 서와 같은 직선만을 구할 수 있어 두 직선을 구별할 수 없다. 그러나 두 직선을 HT 한 (θ, ρ) 평면에서의 정현곡선(그림 2)을 보면 첨두치 주위에서의 곡선의 모양이 다름을 알 수 있다. 본 논문에서는 이러한 곡선의 모양 정보를 이용해 그림 1(a), 1(b) 직선의 정확한 위치와 길이를 구하고자 한다.

식 (1)의 ρ 를 θ 에 대해 미분하면

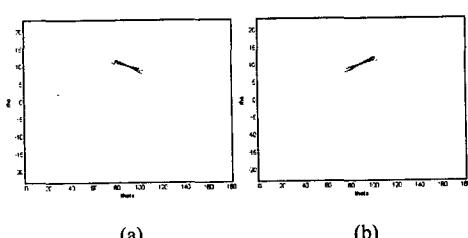


그림 2. 그림 1의 HT

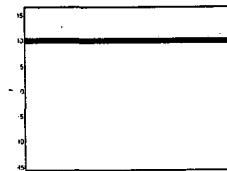


그림 3. 직선 A, B의 HT에 의해 인식된 직선

와 같고,

$$\frac{d\rho}{d\theta} = -x \sin \theta + y \cos \theta \quad (2)$$

식 (1), (2)로부터 x 와 y 에 대한 식을 구하면

$$\begin{aligned} x &= \rho \cos \theta - \frac{d\rho}{d\theta} \sin \theta \\ y &= \rho \sin \theta + \frac{d\rho}{d\theta} \cos \theta \end{aligned} \quad (3)$$

와 같다.

하나의 직선에 대한 HT의 기하학적인 관계도는 그림 4에서와 같다. 여기서 보면, 직선의 양 끝점은 정합된 HT 좌표계에서의 정현곡선들 중 포락선(envelope)에 대응된다.

이 양 끝점은 식 (3)에 (θ_0, ρ_0) 와 θ_0 점에서 포락선의 접선의 기울기($d\rho/d\theta|_{\rho=\rho_0}$) 값을 대입함으로써 구할 수 있다. 그러므로 직선의 양 끝점을 알게 되어 정확한 선분의 위치와 길이를 추출할 수 있게 된다.

3. 컴퓨터 시뮬레이션

컴퓨터 시뮬레이션에 사용한 입력영상은 32×32 의 크기로 그림 5(a), 6(a), 7(a)와 같고 이들의 HT 영상은 각각 그림 5(b), 6(b), 7(b)와 같고, 첨두치에서의 포락선의 접선의 기울기를 구하기 위해 이를 문턱화한 후 이진화

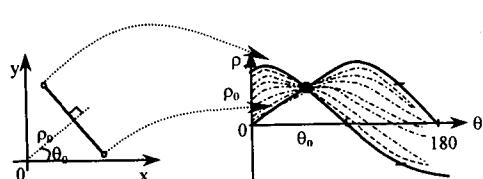
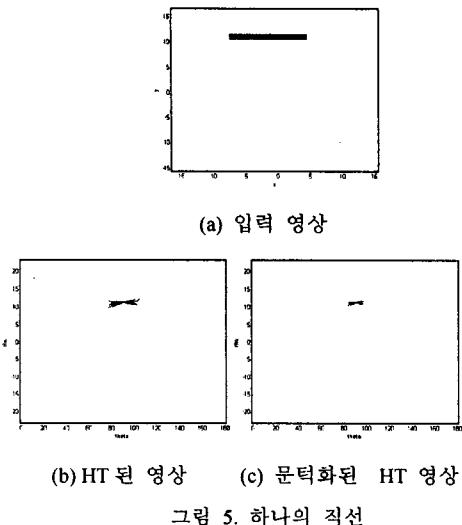


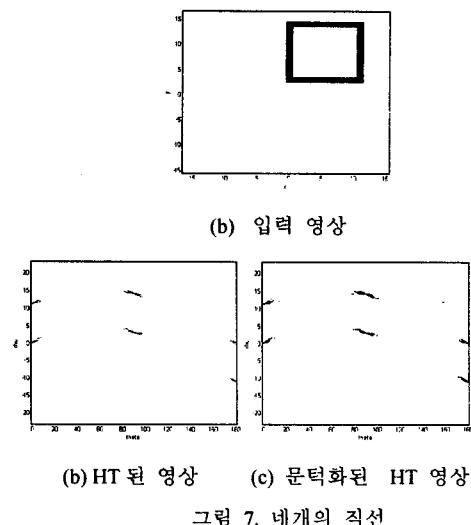
그림 4. 직선에 대한 HT의 기하학적인 관계도



한 영상은 각각 그림 5(c), 6(c), 7(c)와 같다. 이때, 문턱치는 HT 영상의 첨두치 부근의 곡선 형태만을 나타내기 위해서 50%로 하였다.

HT 영상의 첨두치들은 표 1에서와 같고, 이 점들에서 정량적으로 구한 포락선의 기울기는 표 2와 같다.

표 1, 2에서의 데이터 값을 식 (3)에 대입함으로써 입력 영상의 직선의 양 끝점의 좌표값이 구해지고 따라서 우리가 원하는 직선의 정확한 위치와 길이를 추출할 수 있다.



4. 광 실험

HT을 광학적으로 구현하기 위해 HT 필터를 CGH를 이용하여 구현하였다. 그 HT 필터[3,4]는 변환하고자 하는 영상의 크기(32×32)와 같은 홀로그램 헤럴이고, 헤럴의 각 원소에 해당하는 셀들은 $64 \times 64 \times 2 \times 2$ 의 크기를 갖는 DPH(double phase hologram)[5]이다. 제안한 방법을 사용하여 직선의 위치 및 길이를 구하기 위한 광실험 구성도는 그림 7에서와 같다. 입력영상과 HT 필터는 직

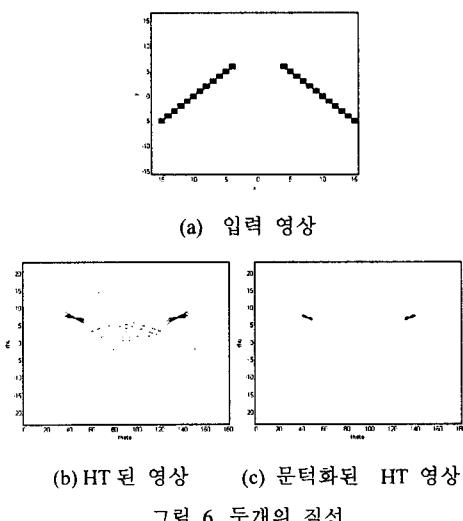


표 1. 그림 5, 6, 7 영상 각각의 HT 된 첨두치

입력 영상	첨두치 (θ_0, ρ_0)
그림 5	(90°, 11)
그림 6	(45°, 7), (135°, 7)
그림 7	(90°, 3), (0°, 11), (90°, 14), (0°, 0)

표 2. 포락선의 접선의 기울기($d\rho/d\theta_{\rho=0}$) 값

입력 영상	첨두치	상,하 포락선의 $d\rho/d\theta$ 평균값	
		$d\rho/d\theta$	$d\rho/d\theta$
그림 4	(90°, 11)	7	-4
	(45°, 7)	1.41	-14.14
그림 5	(135°, 7)	14.14	-1.41
	(90°, 3)	0	-11
그림 6	(0°, 11)	14	3
	(90°, 14)	0	-11
	(0°, 0)	14	3

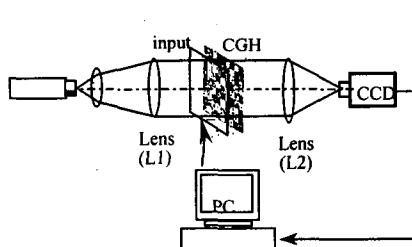


그림 7. 광학적 HT 구성도

렬 연결되어 있고, HT 필터와 CCD 카메라는 렌즈 L2의 전후 초점면에 위치해 있다. 입력영상에 입사된 코히런트한 빛은 렌즈에 의해 푸리에 변환되어 CCD 면에는 HT 된 영상이 재생된다. 광실험에 사용한 입력영상은 그림 5 와 같고, CCD로 획득한 HT 된 영상은 그림 8(a)와 같고, 이를 문턱화한 영상은 그림 8(b)와 같다. 첨두치에서 1° 간격으로 $+5^\circ$ 또는 -5° 까지 ρ 값의 최대, 최소값을 구한 다음 이들중 중간값을 취하여 첨두치 점에서의 최대, 최소 접선의 기울기($\Delta\rho/\Delta\theta$)를 구하였다. 공간 광변조기(SLM; spatial light modulator)와 컴퓨터를 이용하면 실시간적으로 구현이 가능하다.

5. 결 론

본 논문에서는 허프변환된 영상으로부터 입력영상에 존재하는 직선의 위치와 길이를 추출하는 방법을 제안하였다. 여러가지 직선에 대한 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 제안한 방법의 타당성을 정량적으로 분석하였고, 광실험을 통하여 이론치와 근접함을 확인하였다.



(a) HT 된 영상 (b) 문턱화된 HT 영상

그림 8. 그림 5 의 HT 영상

6. 참고문헌

- [1] R. O. Duda and E. Hart, "Use of the Hough Transformation To Detect Lines and Curves in Pictures", Communications of ACM, vol. 15, no. 1, pp. 11- 15, 1972.
- [2] J. Richards and D. P. Casasent, "Extracting input-line position from Hough transform data", Applied Optics, vol. 30, no. 20, pp. 2899- 2905, 1991.
- [3] P. Ambs, S. H. Lee, and Y. Fainman, "Optical implementation of the Hough transform by a matrix of hologram", Applied Optics, vol. 25, no. 22, pp. 4039- 4045, 1986.
- [4] S. Laut, F. Xu and Y. Painman, "A matrix of 64×64 CGH for optical Hough Transform processor", SPIE, vol. 3402, pp. 22-31, 1998.
- [5] C. K. Hsueh and A. A. Sawchuk, "Computer-generated double-phase holograms", Applied Optics, vol. 17, no 24, pp. 3874- 3883, 1978.