Journal of The Institute of Electronics and Information Engineers Vol.52, NO.11, November 2015 http://dx.doi.org/10.5573/ieie.2015.52.11.147
ISSN 2287-5026(Print) / ISSN 2288-159X(Online)

논문 2015-52-11-15

2 포인트 극좌표계 변환을 이용한 중심으로부터의 목표물 영상 위치 측정

(The Image Position Measurement for the Selected Object out of the Center using the 2 Points Polar Coordinate Transform)

서 춘 원*

(Choon Weon Seo©)

요 약

시각적인 시스템에서 다양한 형태로 입력되는 목표물 영상을 효과적으로 처리하기 위하여 목표물의 위치 등을 추출할 수 있는 과정이 요구된다. 이러한 목표물의 위치 정보에 따라 다양한 영상의 변화에 대하여 영상 처리 기술이 응용되어지고 있으며, 이에 따라 목표물에 대한 처리 시스템 등 다각도로 많은 연구가 진행되고 있으며, 특히 회전 및 크기에 불변 특성을 동시에 얻을 수 있는 log-polar 변환을 이용한 방법 등이 영상 인식에 많이 이용되고 있다.

따라서, 본 논문에서는 극좌표계 변환 방법에 의한 입력 영상 내의 목표물의 위치를 측정할 수 있는 2 포인트 극좌표계 변환 방법에 의한 위치 측정 방법을 제시하고자 하였으며, 입력 영상에 대하여 측정하고자 하는 목표물을 극좌표계로 변환한 후에 얻어진 좌·우 극좌표계 영상에 대하여 Centroid 방법에 따른 극좌표 목표물의 무게 중심을 구하였으며, 획득된 무게 중심 좌표를 역변환하여 직각 좌표계의 좌표로 계산함으로서 목표물의 위치를 측정할 수 있었다. 또한, 2 포인트 극좌표계 변환전에 목표물의 중심 좌표법을 산출하고 이를 극좌표계에서 얻어진 중심 좌표의 역변환 값과 비교하여 좌표의 유사도를 얻었으며, 약 99%~104%의 유사도 값을 얻음으로서 오차 범위가 약 4%내의 좋은 결과를 갖는 좌표 위치를 얻을 수 있었다. 따라서 본 논문에서 제시하는 2 포인트 극좌표계 변환에 따른 목표물 위치 측정 방법은 다양한 영상 분야에 적용될 수 있는 가능성을 제시하였다.

Abstract

For the image processing system to be classified the selected object in the nature, the rotation, scale and transition invariant features is to be necessary. There are many investigations to get the information for the object processing system and the log-polar transform which is to be get the invariant feature for the scale and rotation is used.

In this paper, we suggested the 2 points polar coordinate transform methods to measure the selected object position out of the center in input image including the centroid method. In this proposed system, the position results of objects are very good, and we obtained the similarity ratio 99~104% for the object coordinate values.

Keywords : polar transform, object coordinate, invariant feature extraction

Ⅰ. 서 론

과학기술의 발전이 급속하게 이루어짐에 따라 현대 사회에서는 수많은 양의 정보를 신속하게 처리할 수 있는 자동화 시스템의 개발이 절실히 요구되고 있으며,

* 평생회원, 김포대학교 컴퓨터네트워크과
(Dept. of Computer Networks, Kimpo University)
© Corresponding Author(E-mail: cwseo@kimpo.ac.kr)
Received ; October 14, 2015 Revised ; October 21, 2015
Accepted ; October 29, 2015

첨단 반도체 기술 및 컴퓨터 과학의 발달로 컴퓨터를 이용한 신호 처리 기술은 급속도로 연구 발전되고 있다. 이미 이러한 시도들은 여러 각도에서 가시적인 효과를 나타내고 있으며 영상 인식, 음성 인식 등의 분야에서 수년간 많은 연구가 활발하게 진행되고 있다. 특히, 로보트 시각 시스템, 자동 감시 시스템, 자동 표적 인식 시스템과 같이 인간의 시각을 모방한 영상 정보 처리 시스템이 매우 중요한 위치를 차지하고 있으며 활발히 연구되고 있다. 일반적으로, 물체 인식이란 규격화된 영상이 아닌 자연 현상에서 입력된 랜덤한 정보로부터 인간과 같이 필요한 영상을 자연스럽게 인식하는 것이다. 여기서 입력 정보의 랜덤성이란 자연계에서 발생하는 외부 잡음 이외에도 물체의 위치 이동 및 회전과 같은 상태 변화 및 관측 거리에 따른 크기 변화도 포함된다.

회전 및 크기 불변 특성은 Hough 변환[1], 순환 고조파 필터[2], Mellin 변환[3] 등에서 각각을 얻을 수 있으며, 이러한 불변 알고리즘들은 주파수 영역에서 형성되는 고조파 성분을 이용하기 때문에 입력영상 신호의 푸리에 변환이 필수적이다. Hough 변환은 변환된 기울기와 절편을 사용하여 특징을 구하며, 또한 곡선 검출을 위한 방법으로도 사용되어진다. 그리고 경사도 정보를 이용하여 곡선에 대한 계산량을 감소시킨 방법과 변수가 증가함에 따라 계산량을 지수적으로 증가하는 점을 감안하여 타원을 검출하는 방법 등으로 알려져 있다. 그러나, 이러한 Hough 변환은 영상 전체가 아니라 특정한 패턴(직선, 원, 타원 등)을 대상으로 하며, 전체 영상에 대한 특징을 구하고자 할 경우에 적합하지 못한 단점을 안고 있다. 순환 고조파 필터를 이용하여 특징을 추출하고자 할 경우에는 회전에 대하여 불변인 특징을 얻을 수 있다. 그러나 입력 영상이 회전에 따라 입력 영상의 고조파의 중심이 일치하지 않는 특성이 나타난다. 이를 극복하기 위하여 하나의 고조파 성분을 이용한 순환 고조파 성분을 구하면 중심의 세기가 회전 각도에 무관하게 나타남을 알 수 있다. 그러나, 이러한 특징을 얻기 위하여 직각 좌표계에서 기준 영상의 중심과 순환 고조파의 중심이 일치하는 특정 고조파 성분인 계수를 찾아 영상의 무게 중심을 고정시켜야 하는 단점이 있다.

이러한 방법과는 달리 회전 및 크기 불변 특성을 동시에 갖고 있는 알고리즘으로 log-polar 변환 방법[4~6]이 있는데,[7] log-polar 변환은 푸리에 변환 없이 단순히 영상의 좌표계만을 변환하는 방법으로 시스템 구현 시 수학적 연산처리가 아니라 메모리 매핑(memory mapping) 방법을 이용할 수 있으므로 고속처리가 가능하다. 그러나, log-polar 변환 방법은 모든 입력영상에 대해 변환이 시작되는 중심점을 검출해야 하는 제약점이 있어 전처리 과정을 요구하게 된다. 이에 대하여 목표물의 무게 중심이 직각 좌표계의 중심에 놓여야 하며, 이에 따라 크기와 회전에 대한 불변성을 갖게 된다. 그러나, 목표물의 무게 중심이 직각좌표계의 중심을 벗어난 곳에 있을 경우에는 불변성을 갖기 어렵다. 여기에서 목표물이 있는 영상의 직각좌표계를 극좌표계로 변환한다고 하였을 경우 극좌표계에서 나타나는 패턴을 이용하여 목표물의 중심을 얻을 수 있으며, 이에 따라 중심에서 벗어난 목표물에 대하여 좌표의 이동을 할 수 있다면 직각좌표계에서 목표물을 중심에 둘 수 있는 방법이 제시될 수 있다.

따라서, 본 논문에서는 회전, 크기 변화에 대한 불변 특성을 얻는 극좌표계 변환 방법을 이용하여 직각 좌표계의 목표물 위치를 파악할 수 있는 2 포인트 극좌표계 변환 방법을 적용하고자 한다.

Ⅱ. 일반적인 극좌표계 변환

1. Log-polar 변환 알고리즘

본 논문에서는 입력 영상상의 목표물에 대하여 중심으로부터 벗어난 목표물의 위치를 얻고자 하였으며, 이에 따라 목표물의 위치를 파악하기 위한 새로운 접근방법으로 직각좌표계와 극좌표계를 상호보완적으로 이용하여 목표물의 위치를 얻고자 한다.

일반적으로, $x-y$ 좌표 평면상의 임의의 함수 $w(x,y)$가 존재하는 위치에 회전 및 크기에 무관한 불변 특성을 얻기 위해서는 이동된 함수 $p(\rho,\theta)$로 변환하여 얻을 수 있다. 이를 위하여 다음과 같이 일반적인 극좌표 변환을 할 수 있다.[8]

$$\rho = \sqrt{(x^2+y^2)}$$
$$\theta = \arctan\left(\frac{y}{x}\right) \tag{1}$$

여기서, x, y는 직각 좌표계의 x축 좌표 값과 y축 좌

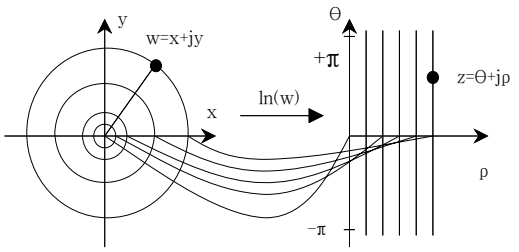

그림 1. Log-polar 변환을 위한 메모리 매핑
Fig. 1. Memory mapping for the log-polar transform.

표 값을 나타내며, ρ와 θ는 직각 좌표계에서 변환된 극좌표계의 값을 나타내며, ρ는 직각 좌표계의 한 점과 원점의 길이 즉, 반지름을 나타내며, θ는 직각 좌표계와 원점이 이루는 선분이 1사분면과 이루는 각도를 나타낸다.

식 (1)에서 보는 바와 같이 직각 좌표계의 한 점 p가 임의의 각도로 회전하는 경우 θ값만이 변하게 되며, 이는 회전에 대하여 불변인 특성을 나타내며, 또한 p가 원점에서 멀어지거나 작아지는 경우 θ는 고정되고 ρ만 커지거나 작아지게 되는 값을 갖는다. 이는 역시 크기에 대하여 불변인 특성을 나타낸다.

이러한 극 좌표계로의 변환에 의하여 나타내는 $p(\rho,\theta)$ 점은 그림 1과 같이 실수축과 허수축을 갖는 복소평면의 실수축 θ와 허수축 ρ를 갖는 복소평면을 가정하면, $x-y$ 평면상의 한 점인 w는 식 (2)에 의하여 또 다른 좌표평면의 한 점으로 변환될 수 있다[2].

$$w = e^{x} \tag{2}$$

여기서, z는 복소평면으로 $z=\rho+j\theta$로 주어진다.

$$e^{\rho + j\theta} = e^{\rho}e^{j\theta} = e^{\rho}[\cos(\theta) + j\sin(\theta)] \tag{3}$$

$$x + jy = e^{\rho + i\theta} = e^{\rho}\cos(\theta) + je^{\rho}\sin(\theta) \tag{4}$$

$x-y$ 영상평면에서 반경 r은 식 (5)와 같다.

$$r = |w| = \sqrt{x^2 + y^2} \tag{5}$$

따라서, 식 (4)를 이용하여 식 (5)를 다시 정리하면 식 (6)과 같이 주어진다.

$$r = \sqrt{[e^{\rho}\cos(\theta)]^2 + [e^{\rho}\sin(\theta)]^2} = e^{\rho} \tag{6}$$

$$\rho = \ln(r) \tag{7}$$

유사한 방법으로 $x-y$ 영상평면내의 화소 위치에 대한 각도는 식 (8)의 관계로 나타낼 수 있다.

$$\arg(w) = \arctan(\frac{y}{x}) = \arctan[\frac{e^{\rho}\sin(\theta)}{e^{\rho}\cos(\theta)}] = \theta \tag{8}$$

따라서, $x-y$ 영상평면내의 화소들에 대수변환을 취하면, 식 (9)와 같이 설정이 가능하다.

$$\ln(x + jy) = \ln[e^{\rho + i\theta}] = \ln(r) + i\theta = \rho + j\theta \tag{9}$$

물체 영상의 크기가 a배만큼 변화된 경우 log-polar 변환을 취하게 되면, $u = \ln(ar) = \ln(a) + \ln(r)$에 의하여 ρ 축 방향으로의 이동만이 나타난다. 또한, 영상이 회전한 경우는 r 성분에 무관하게 θ 성분에 대해서만 변화가 발생하게 된다[9].

결과적으로, 입력영상 $r(x,y)$에 대하여 입력영상 $r(x-x_0,y-y_0)$의 크기가 변하고 회전이 발생하더라도 $r(x,y)$에 의한 $w(\rho,\theta)$는 $w(\rho+\alpha,\theta+\beta)$만을 가질 뿐 변환된 특징의 모양은 크기와 회전에 대하여 불변인 형태로 이루어지게 된다. 이와 같은 관계로 인하여 그림 1에 따라 log-polar 변환을 이용하면, 크기 변화량은 $\ln(r)$ 성분 그리고 회전량은 θ 성분에 의하여 이동 성분으로 변화되어 나타난다. 특히, log-polar 변환을 위하여 주어진 입력이 무게 중심법에 의하여 생성된 문자 영상임을 고려하면, 위치 불변 특성이 함께 나타남을 알 수 있다.

2. 제안된 2 포인트 극좌표계 변환

그림 2에서는 본 논문에서 제시하고 있는 2 포인트 극좌표계 변환 구조를 보여주고 있다.

그림에서와 같이 상단의 빗금친 부분이 입력 영상에 해당하며, 빗금친 부분 내의 한 점은 목표물영상을 대표하는 (x,y)를 나타내고 있다.

빗금친 사각형의 입력 영상 영역에서 $x-y$ 좌표계와 $x-y'$ 좌표계를 이용하여 (x,y)를 극좌표계로 변환하고 있다. 목표물의 각 구성요소를 대표적으로 나타내고 있는 (x,y) 위치은 $x-y$ 좌표는 영상의 좌측과 하단측을 축으로 1사분면의 값을 나타내고 있으며, $x-y'$ 좌표계는 영상의 우측과 하단측을 축으로 2사분면의 값을 표현하고 있다. 여기에서 극좌표계로 변환하기 위해 직각좌표계의 각 해당 포인트는 $r-\theta$ 좌표계인 극좌표계로 변환이 가능하며, 이는 일반적인 log-polar 방식에 따라

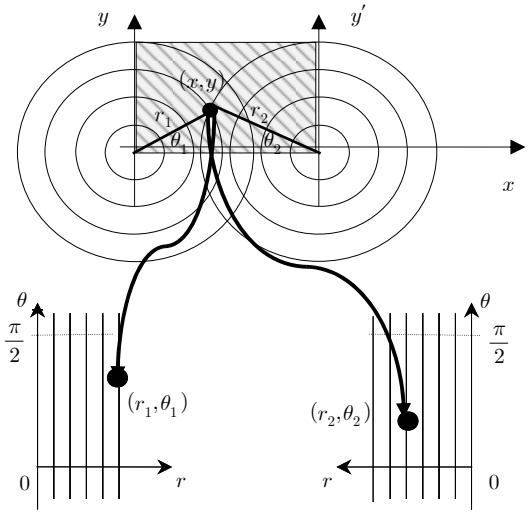

그림 2. 제안된 2 포인트 극좌표계 변환 방법
Fig. 2. Proposed 2 points polar coordinate transform method.

이루어 질 수 있다.

입력 영상직각좌표계 $x-y$ 좌표계의 목표물에 대한 값 (x,y)를 그림 2의 하단 좌측에 보이는 봐와 같이 (r_1,θ_1)의 극좌표계 값으로 변환할 수 있으며, $x-y'$ 좌표계에 해당하는 목표물에 대한 값들은 하단의 우측 극좌표계에 해당하는 (r_2,θ_2) 값들로 변환될 수 있다. 이는 미리 언급하였듯이 log-polar 좌표변환 방법 근거하는 식(1)에 기초를 둔다.

본 논문에서 제시하는 2 포인트 극좌표계 변환 방법에서는 직각좌표계에서 극좌표계로 변환하기 위하여 중심이 입력 영상의 각 좌·우측 하단 모서리를 기준 중심으로 사용하기 때문에 목표물이 입력 영상의 임의의 위치에 있는 경우에는 앞서 언급한 log-polar 변환 방법에서 log 스케일을 적용하게 되면, 목표물의 위치가 중심에 가까울수록 극좌표계의 변환 정보가 많아지는 반면, 목표물의 위치가 중심에서 멀어지는 경우에는 극좌표계의 변환 정보가 적어지는 경우가 발생한다. 따라서, 본 논문에서는 log 스케일을 배제한 일정한 간격의 극좌표계로의 변환 방법을 채택한다.

3. Centroid에 의한 무게 중심법

선택되어진 목표물의 중심을 구하는 것은 Centroid 공식으로부터 쉽게 구할 수 있으며 다음 식과 같이 구해진다. 영상에서의 임의의 목표물을 $f(x,y)$라고 할 때 x축의 Centroid와 y축의 Centroid는 식 (10), (11)과 같다.

$$H(x)=\sum_{y=0}^{N} f(x,y) \qquad H(y)=\sum_{x=0}^{N} f(x,y) \tag{10}$$

$$Centroid_x=\frac{\sum_{x=0}^{N} xH(x)}{\sum_{x=0}^{N} H(x)}$$
$$Centroid_y=\frac{\sum_{y=0}^{N} yH(y)}{\sum_{y=0}^{N} H(y)} \tag{11}$$

Centroid에 의해 목표물의 위치가 구해지면 2 포인트 극좌표계에서 직각좌표계로의 역계산을 이용하여 직각좌표계에 입력되어지는 원영상의 위치를 얻을 수 있다.

본 논문에서는 극좌표계로 변환된 영상을 256×256 크기로 조정하였으며, Centroid에 의해 구해진 무게중심 좌표 (r,θ)를 역계산함으로서 실제 입력 영상의 목표물의 무게중심 (x,y)를 구할 수 있게 된다.

Ⅲ. 실험 및 결과

본 논문에서는 제안되는 2 포인트 극좌표계의 검증을 위하여 입력평면을 9군데로 나누어 정사각형을 목표물로 한 시뮬레이션을 하였으며, 실험에서는 실제 입력되는 입력 영상에서의 임의의 위치에 놓인 목표물을 극좌표계로 변환하는 방법을 실험하였다.

본 논문에서 시뮬레이션과 실험에서는 256×256 그레이 레벨의 RAW 입력 영상을 사용하였으며, 극 좌표계에서도 256×256 그레이 레벨의 RAW 변환 좌표 영상을 사용하였으며, 실험에 사용한 카메라는 Logitech Sphere MP 입력 장치를 사용하였으며, 프로그램은 Visual Studio 2010을 이용하여 구현하였다.

1. 시뮬레이션

본 논문에서 제시하는 2 포인트 극좌표계 변환 방법을 시뮬레이션하기 위하여 256×256 그레이 영상에 정사각형의 목표물을 만들었으며, 정사각형의 크기는 100×100 크기로 x축으로는 3개의 위치에 y축으로 3개의 위치에 해당하는 곳에 교차로 놓은 방식으로 실행하

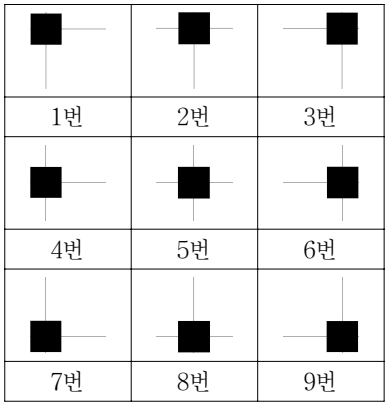

그림 3. 정사각형을 이용한 시뮬레이션용 입력 평면
Fig. 3. Input plane using 9 square for the simulation.

표 1. 정사각형 입력 영상에 대한 중심 좌표
Table 1. Centering coord. for square input images.

분류	중심좌표	
	x_0	y_0
1	56.00	56.00
2	126.00	56.00
3	196.00	56.00
4	56.00	126.00
5	126.00	126.00
6	196.00	126.00
7	56.00	196.00
8	126.00	196.00
9	196.00	196.00

였으며, 만들어진 시뮬레이션 입력 영상은 9군데의 위치에 정사각형이 위치한 모습을 갖고 있다.

그림 3에서는 9개의 시뮬레이션 입력 영상을 보여주고 있으며, 이는 입력 영상의 임의의 위치에 대한 테스트를 하기 위하여 선정되었다.

그림에서와 같이 가로와 세로로 교차되는 선은 입력 영상의 목표물인 정사각형의 중심 위치를 표시하고 있으며, 시뮬레이션을 위한 목표물의 위치를 선정하였기에 충분히 알 수 있는 위치가 된다.

표 1에서는 그림 3에서 보이는 입력 영상의 목표물의 중심 위치 좌표를 보여주고 있으며, 좌표의 위치 값은 표에서 나타나고 있는 것처럼 의도적인 9군데의 위치에 선정하였음을 알 수 있다.

그림 4에서는 그림 3에서 작성된 입력 영상의 목표물에 따른 2 포인트 극좌표계 변환 결과를 보여주고 있다. 그림에서와 같이 좌측 하단을 중심으로 두는 극좌표계의 변환과 우측 하단을 중심으로 두는 극좌표계의 변화 결과는 y축을 기준으로 x축 선상을 목표물 영상이 위

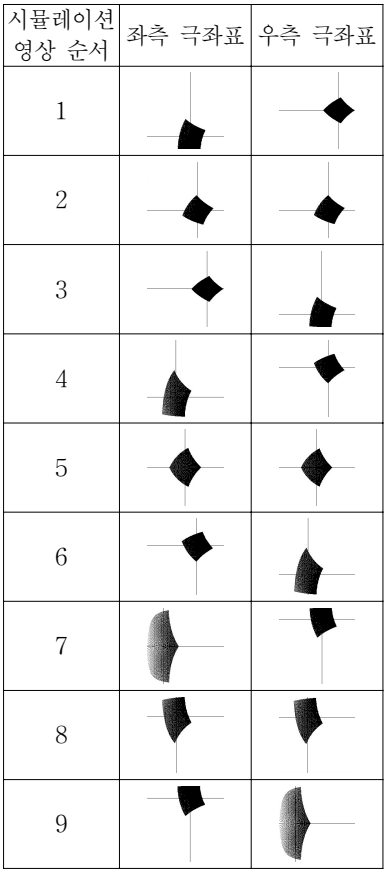

그림 4. 정사각형 입력 평면에 대한 좌·우 극좌표계 변환 결과
Fig. 4. Left & right polar coord. transform result for square input planes.

표 2. 정사각형 입력 영상에 대한 좌·우 극좌표계 변환 영상의 Centroid 결과
Table 2. Centroid results of the left & right polar coord. transform images for square input images.

좌측 극좌표 중심좌표		우측 극좌표 중심좌표	
r_1	θ_1	r_2	θ_2
203.65	73.76	277.10	44.82
233.35	57.18	233.35	56.82
277.19	44.82	203.65	73.41
138.59	66.00	233.35	32.47
178.19	45.18	179.01	44.82
231.93	32.82	140.01	65.29
82.02	45.53	203.65	15.88
138.59	24.35	140.01	24.00
202.23	16.24	83.44	44.82

치하였을 때 좌측 극좌표계의 결과와 우측 극좌표계의 결과가 서로 교차하는 모습을 보여주고 있다. 이는 본 논문에서 제시하는 직각좌표계에서 극좌표계로의 좌표 변환을 할 때 2 포인트의 중심 위치가 같은 y축 선상에

표 3. 좌·우 극좌표계에 따른 입력 목표물의 중심 좌표 계산 값
Table 3. Calculated centering coordinate values of input objects with left & right polar coord.

좌측극좌표 역계산좌표		우측극좌표 역계산좌표	
x_1	y_1	x_2	y_2
56.00	57.00	59.00	58.00
126.00	58.00	128.00	56.00
196.00	56.00	197.00	59.00
56.00	129.00	59.00	130.00
125.00	129.00	128.00	129.00
194.00	130.00	197.00	128.00
57.00	197.00	58.00	200.00
126.00	198.00	128.00	199.00
194.00	199.00	196.00	197.00

표 4. 극좌표계로 얻은 좌·우 중심 영역에 대한 평균 좌표와 정사각형 입력 영상의 중심 좌표에 대한 유사도
Table 4. Similarity ratio between average coord. of left & right centering area with polar coord. and centering coord. of input image.

역변환된 평균 좌표		입력 영상 위치에 대한 극좌표계 역계산 좌표 차이	
x_a	y_a	x_{rev}	y_{rev}
57.50	57.50	102.68	102.68
127.00	57.00	100.79	101.79
196.50	57.50	100.26	102.68
57.50	129.50	102.68	102.78
126.50	129.00	100.40	102.38
195.50	129.00	99.74	102.38
57.50	198.50	102.68	101.28
127.00	198.50	100.79	101.28
195.00	198.00	99.49	101.02

서 x축의 위치가 달라 나타나는 현상이다.

표 2에서는 그림 4에서 얻어진 극좌표계로 변환된 영상을 Centroid 방법을 통하여 얻어진 중심 좌표 결과이다. 얻어진 중심 좌표의 위치는 그림 4에서 표시되어지고 있다.

표 3에서는 표 2에서 보여주고 있는 극좌표계에서의 Centroid 방법을 통한 중심 좌표를 다시 역계산하여 직각 좌표계로 변환하였을 때의 입력 영상의 목표물 중심 좌표 값이다. 역계산된 중심 좌표의 값을 표 1에서 보여주고 있는 원 입력 영상의 목표물의 중심 좌표의 값과 비교하여 나타낸 값이 표 4에서 보여주고 있다.

표 4에서 평균좌표는 좌측 극좌표계의 (r_1,θ_1) 값과 우측 극좌표계의 (r_2,θ_2)의 평균값을 표시하고 있으며, 이를 역계산한 (x_{rev},y_{rev}) 좌표를 표 1의 원영상의 중심좌표와의 유사도를 백분율로 보여주고 있다.

표 4에서 보는 바와 같이 역계산된 좌표는 원영상의 목표물의 중심 좌표에 대해 x_{rev} 좌표값은 99~103%의 유사도를 나타내고 있으며, y_{rev} 좌표값은 101~103%의 유사도를 나타내고 있다. 이를 통하여 본 논문에서 제시하는 2 포인트 극좌표계를 통한 목표물의 중심 좌표 계산은 시뮬레이션을 통하여 상당히 안정성을 갖고 있다고 볼 수 있다.

2. 실험 및 결과 고찰

2 포인트 극좌표계 변환을 이용한 목표물의 위치 계산에 대한 실험 과정은 다음과 같은 순서로 이루어졌다.

① 카메라 등의 입력장치를 통하여 입력 영상을 획득한다.
② 획득한 입력 영상을 256×256 그레이 레벨의 RAW 영상으로 전환한다.
③ 입력 영상 내의 대상 목표물을 정하고 이 목표물에 대하여 영역화를 한다.
④ 영역화된 목표물만의 입력 영상을 2 포인트 극좌표계 변환을 한다.
⑤ 변환된 좌·우 극좌표계 목표물 영상에 대하여 Centroid 방법으로 중심 좌표를 얻는다.
⑥ 각 좌·우 극좌표계 중심 좌표를 역계산을 통하여 직각좌표계의 값으로 역변환한다.
⑦ 역변환된 직각좌표계의 좌·우 좌표값을 평균을 계산하여 목표물의 중심 좌표 값을 얻는다.

그림 5에서는 본 논문에서 실험에 사용된 입력 영상을 보여주고 있다. 입력 영상에서 각 목표물의 위치는 임의의 좌표에 놓여있도록 하였다.

그림 6에서는 그림 5에서 보여주고 있는 입력 영상내의 목표물에 대하여 영역화를 수행한 모습을 보여주고 있다.

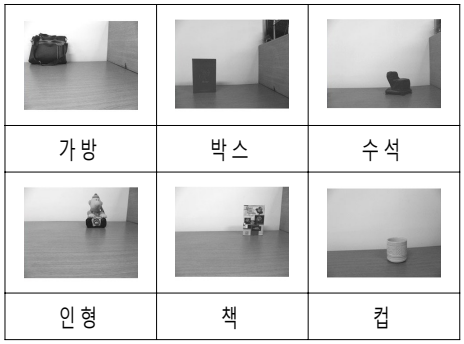

그림 5. 6가지 다양한 입력 영상
Fig. 5. Various input images (6 pieces).

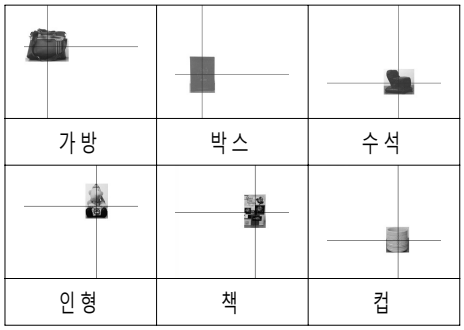

그림 6. 실제 입력 영상에 대한 목표물의 영역화
Fig. 6. Regionalization of object in the real input images.

표 5. 영역화된 목표물의 중심 좌표
Table 5. Center coord. of regioned objects.

중심좌표	
x_0	y_0
56.00	97.00
64.00	154.00
159.00	173.00
161.00	93.00
177.00	108.00
158.00	168.00

표 5에서는 본 논문의 실험 결과를 비교하기 위하여 영역화된 목표물의 중심 좌표를 계산하여 보여주고 있다.

그림 7에서는 실험에 사용되고 있는 목표물에 대한 영상의 2 포인트 극좌표계 변환 결과를 보여 주고 있다. 영역화된 목표물의 위치가 임의의 좌표에 있음으로 극좌표계 변환 결과의 모습도 임의의 위치에 놓이게 됨을 알 수 있다.

표 6에서는 그림 7에서 보여지는 극좌표계로 변환된 목표물 영상에 대하여 Centroid 방법을 통한 좌·우측

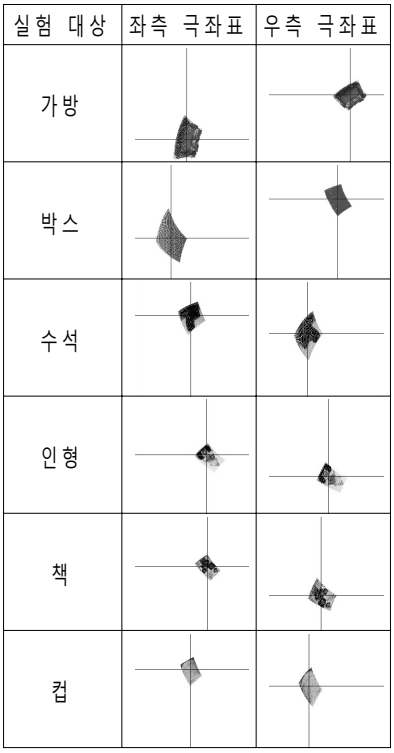

그림 7. 영역화된 목표물의 좌·우 극좌표계 변환 영상
Fig. 7. Left & right polar transform images of regionalized object.

표 6. 극좌표계로 변환된 좌·우 영상에 대한 중심 좌표
Table 6. Center coord of left & right images with polar transform.

좌측극좌표 중심좌표		우측극좌표 중심좌표	
r_1	θ_1	r_2	θ_2
165.46	70.59	251.73	38.12
117.38	56.47	212.55	27.18
176.78	26.47	123.04	40.24
226.27	44.47	185.26	59.65
229.10	39.53	164.05	61.06
179.61	28.24	128.69	41.26

표 7. 좌·우 중심 좌표에 따른 입력 영상의 중심 좌표 계산값
Table 7. Calculated center coord. values of input images by left & right center coord.

좌측극좌표 역계산좌표		우측극좌표 역계산좌표	
x_1	y_1	x_2	y_2
54.00	99.00	57.00	100.00
64.00	158.00	66.00	158.00
160.00	177.00	162.00	176.00
163.00	97.00	164.00	96.00
176.00	110.00	176.00	112.00
158.00	171.00	159.00	171.00

극좌표계의 중심좌표를 나타내고 있다. 이 좌표 또한 다양한 (r,θ) 값을 보여주고 있다.

표 7에서는 표 6에서 보여주고 있는 극좌표계의 중심좌표를 역변환으로 계산된 좌·우측 역계산 좌표를 보여주고 있다. 좌표는 256×256 영상의 픽셀 좌표임으로 정수화시킨 좌표값이 된다.

표 8. 역변환된 좌·우 목표물의 평균 좌표 값과 실제 입력 영상의 목표물에 따른 중심 좌표 값과의 유사도

Table 8. Similarity ratio between average coord. values of re-transformed left & right object and center coord. values of object in real input image.

역변환된 평균 좌표		입력 영상 위치에 대한 극좌표계 역계산 좌표 차이	
x_a	y_a	x_{rev}	y_{rev}
55.50	99.50	99.11	102.58
65.00	158.00	101.56	102.60
161.00	176.50	101.26	102.02
163.50	96.50	101.55	103.76
176.00	111.00	99.44	102.78
158.50	171.00	100.32	101.79

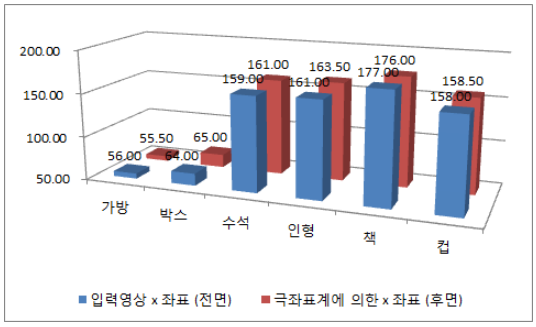

그림 8. 입력 영상의 목표물에 따른 x 좌표값과 극좌표계로 변환 후 역계산된 x 좌표값 그래프

Fig. 8. Graph with recalculated x coord. value after polar transform and x coord. values of object in input image.

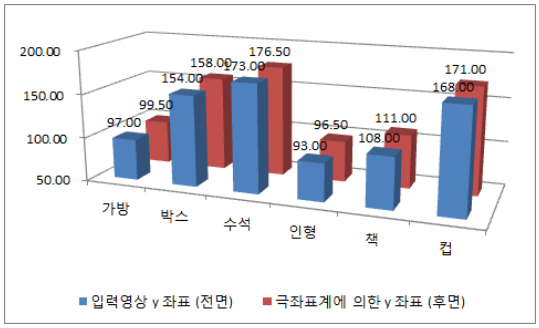

그림 9. 입력 영상의 목표물에 따른 y 좌표값과 극좌표계로 변환 후 역계산된 y 좌표값 그래프

Fig. 9. Graph with recalculated y coord. value after polar transform and y coord. values of object in input image.

표 8에서는 역변환된 좌·우 목표물의 평균 좌표 값과 실제 입력 영상의 목표물에 따른 중심 좌표 값과의 유사도를 보여주고 있다.

그림 8과 9는 표 5에서 보여지고 있는 원영상의 목표물에 대한 중심좌표와 표 8에서 얻어진 역변환된 평균 좌표를 그래프로 각 x좌표와 y좌표의 차이를 보여주고 있다.

표 8에서와 같이 본 실험에서 사용된 입력 영상에 대하여 2 포인트 극좌표계 변환을 이용한 중심 좌표의 유사도 비율은 x좌표는 99~102%, y좌표는 100~104%의 상당히 좋은 결과를 보여주고 있다. 표 5와 표 8에서의 좌표값을 비교하여 볼 때 유사도가 1%정도 차이는 영상에서 1픽셀 정도의 차이로 계산되어지며, 이는 입력 영상의 크기에 대하여 매우 작은 차이임으로 영상 처리 기법에 매우 좋은 효과를 나타낼 수 있다고 사려된다.

본 논문에서 제시하고 있는 2 포인트 극좌표계 변환 방법을 이용하여 입력 영상내의 목표물에 대한 위치를 측정하는데 매우 효과적이라는 결과를 얻을 수 있었으며, 극좌표계 변환 방법을 사용함으로서 좌표에 대한 정보 획득을 더욱 더 정밀하고 다양한 분야에 적용가능할 수 있음을 확인하였다.

Ⅳ. 결 론

본 논문에서는 입력 영상내의 목표 영상에 대한 중심좌표를 얻는 방법을 제안하였다. 이러한 좌표 계산 방법은 극좌표계로의 변환 방법을 사용하였으며, 입력 영상에 대하여 2개의 극좌표 변환을 사용하여 극좌표계의 목표물에 대한 중심 좌표를 얻었으며, 이를 다시 역변환하여 직각좌표계로 역계산하여 얻고자 하는 목표물에 대한 좌표를 얻을 수 있었다. 이에 따라 99%에서 104% 이내의 매우 좋은 결과값을 얻을 수 있었으며, 이에 따라 좌표계를 이용하는 영상 처리 분야에서 충분한 전처리 시스템으로 사용 가능성을 제시하였다.

일반적인 log-polar 변환 방법을 개선하여 선형적인 극좌표계 변환 방법을 선택하였으며, 극좌표계에서의 목표 중심좌표를 얻기 위하여 Centroid 방법을 도입하였으며, 이에 따른 결과를 역변환하여 직각 좌표계에서

의 목표물에 대한 좌표를 얻을 수 있었다.

극좌표계가 일반적으로 목표물 영상내에서 목표물의 중심 좌표가 변환하고자 하는 극좌표계에서 원점에 놓여야만 하는 특성을 가지고 회전 및 크기에 대한 불변 특징만을 유도하는 반면 2 포인트 극좌표계 변환 방법을 도입함으로서 실제 목표물에 대한 좌표 위치를 얻을 수 있는 응용된 방법을 제시하였다고 볼 수 있다.

이에 본 논문에서 제시하고 있는 2 포인트 극좌표계 변환 방법을 이용한 목표물의 위치 측정에 대한 방법은 다방면의 영상 시스템, 자동화 시스템, 검출 시스템 등의 응용 분야에 매우 높은 적용 가능성이 기대된다.

REFERENCES

[1] R. O. Duda and P. E. Hart, "Use of Hough Transformation to Detect Line and Curves in Picture", *Commun.ACM.15*, 204, 1972.
[2] Y. N. Hsu and H. H. Arsenault, "Optical Pattern Recognition using the Circular Harmonic Expansion", *Appl. Opt.*, vol.21, pp.4016-4025, 1982
[3] Anqi Ye and David Casasent, "Morphological Wavelet Transform for Distortion- Invariant Object Detection in Clutter", *SPIE Wavelet Applications*, vol.2242, pp.525-537, 1994.
[4] Ramesh C. Jain, "Segmentation of Frame Sequences Obtained by a Moving Observer", *IEEE vol.PAMI-6*, no.5, pp.624-629, September, 1984.
[5] Saburo Tsuji, Michiharu Osada and Masahiko Yachida, "Tracking and Segmentation of Moving Objects in Dynamic Line Images", *IEEE vol.PAMI-2*, no.6, pp.516-522, November, 1980.
[6] Jong-Kwon Won, Sang-Yi Yi, Chung-Sang Ryu, Seung-Hyun Lee, Eun-Soo Kim, "Moving Target Segmentation using the Sequential Correlation", *Proc. of KICS*, vol.14, no.2, pp.947-950, 1995.
[7] D. Casasent and D. Psaltis, "Position, Rotation, and Scale Invariant Optical Correlation", *Appl. Opt.*, vol. 26, no. 10, pp.1900-1910, 1987.
[8] Choon W. Seo, Soo I. Kim and Chang H. Nam, "Character Feature Extraction using the Log-polar Transform", *J. of IEEK,* vol. 38-TE, no. 2, pp. 129-136, 2001.
[9] R. Jain, S. Bartlett, and N. O'Brien, "Some Experiments in Ego-motion Complex Logarithmic Mapping", *Advances in Computer Vision and Image Processing*, vol.3, pp.145-177, 1988.
[10] D. Casasent, S. F. Xia, A. J. Lee and J. Z. Jung, "Real-time Deformation Invariant Optical Pattern Recognition using Coordinate Transformations", *Appl. Opt.,* vol.26, no.9, pp.938-942, 1987.

저 자 소 개

서 춘 원(평생회원)
1988년 광운대학교 전자공학과 공학사.
1990년 광운대학교 대학원 전자공학과 공학석사.
1997년 광운대학교 대학원 전자공학과 공학박사.
<주관심분야 : 패턴인식, 스테레오 비젼 시스템, 영상처리, 인공지능>