

컬러 동시발생 히스토그램의 피라미드 매칭에 의한 물체 인식

Object Recognition by Pyramid Matching of Color Cooccurrence Histogram

방희범*, 이상훈**, 서일홍*, 박명관***, 김성훈*, 홍석규*

H. B. Bang, S. H. Lee, I. H. Suh, M. K. Park, S. H. Kim, S. K. Hong

Abstract - Methods of Object recognition from camera image are to compare features of color, edge or pattern with model in a general way. SIFT(scale-invariant feature transform) has good performance but that has high complexity of computation. Using simple color histogram has low complexity, but low performance. In this paper we represent a model as a color cooccurrence histogram, and we improve performance using pyramid matching. The color cooccurrence histogram keeps track of the number of pairs of certain colored pixels that occur at certain separation distances in image space. The color cooccurrence histogram adds geometric information to the normal color histogram. We suggest object recognition by pyramid matching of color cooccurrence histogram.

Key Words : Object recognition, Color cooccurrence, Pyramid matching

1. 서론

카메라로부터 입력된 영상에서 물체를 인식하는 방법은 주로 물체의 모델을 기반으로 한다. 모델의 컬러, 외곽선[5] 또는 무늬를 가지고 특징점을 찾아서 구성한다. 이러한 모델을 가지고 입력 영상에서 찾은 특징점들과 비교하여 물체를 인식한다. 특징점을 추출하는 방법 중에는 대표적으로 Scale Invariant Feature Transform(SIFT)[2]나 Harris Laplace Transform (HLT)[3], 간단하게는 컬러의 히스토그램이 있다. SIFT나 HLT는 성능이 매우 뛰어난 것으로 알려져 있다. 반면에 연산량이 많아 속도가 느린 것이 단점이다. 또한, 무늬가 전혀 없는 단일 컬러를 가지는 물체를 인식할 수가 없다. 컬러 히스토그램의 경우, 성능이 뛰어나지 않지만 연산량이 적어 속도가 빠르다는 장점을 가지고 있다.

본 논문에서는 컬러 동시발생 히스토그램을 이용하여 모델을 만들고, 피라미드 매칭을 통한 물체인식을 제안한다. 단순한 컬러 히스토그램의 문제점은 단순히 색의 빈도수만을 정보로 가지고 있기 때문에 컬러의 위치만 바뀌었을 때나 컬러가 섞여 있는 경우를 구분해 낼 수가 없다. 또한, 컬러의 변화에 대해 민감하다. 그래서 단순한 컬러 히스토그램만을 가지고 매칭을 수행했을 때 물체 인식의 성능이 떨어진다. 본 논문에서는 이러한 단점을 보완하고자 컬러 동시발생 히스토그램을 사용하여 모델을 만들어 매칭을 수행한다. 또한, 물체

인식의 정확도를 높이기 위해 매칭을 수행할 때 피라미드 영상으로 구성된 모델을 이용하여 물체 인식을 한다. 피라미드 매칭을 통해 물체의 크기 변화에 대해 강인한 물체 인식을 할 수 있다. 컬러 동시발생 히스토그램에 사용되는 컬러는 HSI 모델[6]을 이용하여 대표 컬러를 선정하여 컬러와 밝기에도 강인한 물체 인식을 제안한다.

2장에서는 컬러 동시발생 히스토그램에 대해 언급하고, 3장에서는 피라미드 매칭에 대해 언급한다. 4장에서는 실험을 통해 피라미드 매칭의 성능을 보여준다.

2. 컬러 동시발생 히스토그램

컬러 동시발생 히스토그램(Color Cooccurrence Histogram)이란 두 컬러가 동시에 발생하는 빈도를 거리에 따라 히스토그램으로 나타낸 것이다. 이미지 상에서 $(\Delta x, \Delta y)$ 거리에서 $C_1 = (R_1, G_1, B_1)$ 와 $C_2 = (R_2, G_2, B_2)$ 가 동시에 발생하는 히스토그램으로 모델을 나타낸다. 여기서 $(\Delta x, \Delta y)$ 의 방향은 회전에 강인하게 하기 위하여 무시하고, 크기 $d = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2}$ 만을 사용한다. 사용되는 컬러의 집합 $C = \{ C_1, C_2, \dots, C_{nc} \}$, 거리의 집합 $D = \{ [0, 1], [1, 2], \dots, [n_d-1, n_d] \}$ 라고 정의한다. 동시발생 히스토그램(CH)은 $CH(i, j, k)$ 로 표현된다. i 와 j 는 컬러 집합 C 에서의 index이고 k 는 거리 집합 D 에서의 index이다.

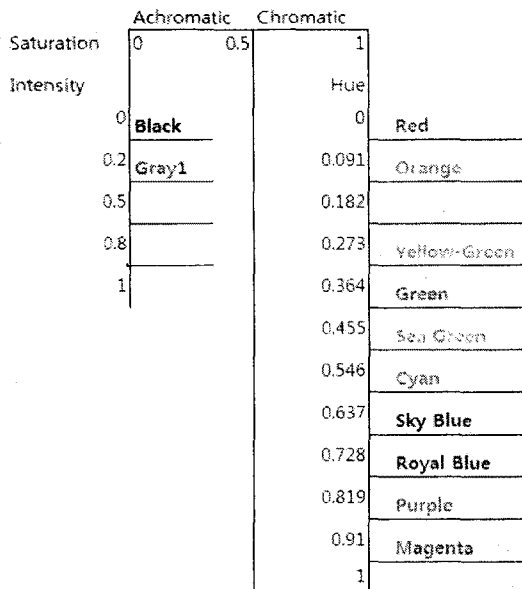
컬러 집합에 사용되는 컬러는 HSI (hue - saturation - intensity) 컬러 모델을 사용하여 나타낸다[7][8].

저자 소개

* 방희범, 서일홍, 김성훈, 홍석규 : 한양대학교 전자컴퓨터 통신공학과

** 이상훈 : 한양대학교 BK21 수요지향적 정보기술 전문인력 양성 사업단

*** 박명관 : 동양대학교 IT전자공학부



<그림1. 컬러 집합을 HSI 모델로 표현>

그림1.에서와 같이 HSI 모델을 이용하여 컬러를 선택함으로써 밝기와 컬러의 변화에 대해 강한 물체인식을 수행한다.

거리 집합 D의 n_d 는 Peng Chang과 John Krumm이 수학적 확률모델을 이용하여 결정한 n_d 의 크기를 사용하였다. 그래서 본 논문에서도 거리의 집합 D는 n_d 는 Peng Chang과 John Krumm의 제안을 따랐다[1].

3. 피라미드 영상을 이용한 매칭

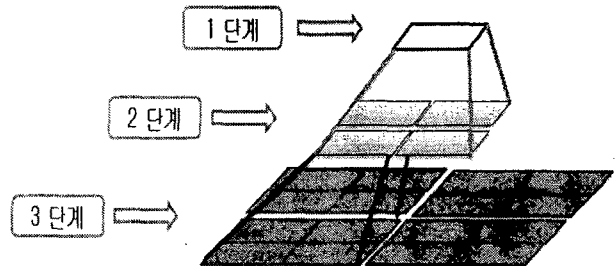
피라미드 영상을 이용한 매칭을 하는 이유는 모델의 컬러 동시발생 히스토그램을 구할 때의 물체의 크기와 입력 영상에서의 물체의 크기가 서로 다르기 때문에 매칭이 잘 되지 않는 것을 보완하기 위한 것이다. 본 논문에서는 모델을 구서할 때 그림2.의 모습과 같이 피라미드 영상을 이용한다. 모델로 사용될 이미지를 같은 영역의 크기로 나누고 각 영역의 컬러 동시발생 히스토그램을 구한다. 또한, 피라미드 영상을 만들어 컬러 동시발생 히스토그램을 각각 구한다. 이렇게 얻어진 컬러 동시발생 히스토그램을 모델로 하여 매칭을 수행한다.

두 히스토그램의 비교는 식(1)을 이용한 인터섹션을 사용하여 구한다.

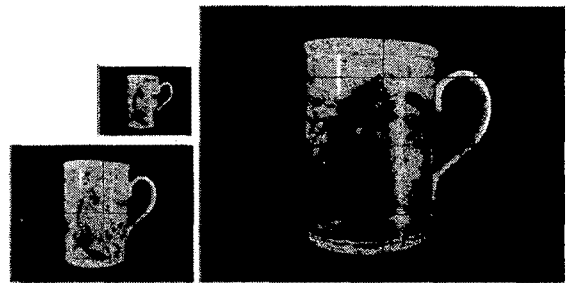
$$I_{im} = \frac{\sum_{i=1}^{n_c} \sum_{j=1}^{n_c} \sum_{k=1}^{n_d} \min[(CH_i(i,j,k), (CH_j(i,j,k))]}{\sum_{i=1}^{n_c} \sum_{j=1}^{n_c} \sum_{k=1}^{n_d} (CH_j(i,j,k))} \quad (1)$$

CH_i 는 입력 영상의 한 영역의 컬러 동시발생 히스토그램이며, CH_m 은 모델의 컬러 동시발생 히스토그램이다. I_{im} 은 모든 $CH_m(i, j, k)$ 가 완전히 포함되는 것을 1로 만들어 준다. I_{im} 가 0.5보다 클 때의 값을 사용하며, I_{im} 이 0.5보다 작다면 모델 영역과 매칭되는 부분이 없다고 본다.

매칭 방법은 입력 영상의 영역 중 가장 높은 I_{im} 을 가지는 영역부터 시작한다. 모델 영역의 피라미드 영상을 단계로 구분하고, 어떤 단계에 어느 위치와 가장 높은 I_{im} 을 나타내는지를 찾는다. 이 부분이 후보영역이 된다. 그리고 입력 영상의 영역의 위, 아래, 좌, 우 4영역과 대응되는 모델의 피라미드 영상 단계의 영역과 비교를 하여, I_{im} 을 합산하게 된다. 예를 들면, 입력 영역의 (4,4)에서 모델 영역 3단계의 (3,3)의 I_{im} 가 0.5 이상이 나왔다면, 입력 영역의 (4,3)과 모델 영역의 (3,2)의 I_{im} 이 0.5 이상이 나왔다고 하면, 입력 영역의 (4,4),(4,3) 부분에 물체 있다고 생각할 수 있다. 이렇게 함으로써 물체 인식의 성능을 향상 시킬 수가 있다. 4장의 실험에서는 이러한 매칭을 통해 얻은 결과를 보여준다.



<그림2. 모델의 피라미드 영상 형성 예>



<그림3. 실험에 사용한 모델의 피라미드 영상>

4. 실험 결과

모델 영상은 가장 큰 단계가 320x240 크기로 물체의 배경은 검은 색으로 하여 물체만의 컬러 동시발생 히스토그램을 구하기 쉽도록 하였다. 입력 영상은 640x480 크기이며, 한 영역의 크기는 80x60 으로 매칭을 수행하였다. n_c 는 15로 그림1.에서 RGB 모델을 HSI 모델로 변환하여 15가지 대표되는 값으로 표현하였다. 모델의 거리 집합 $D_m = \{ [1, 2], [2, 3], \dots, [11, 12] \}$ 로 정의 하였고, 그림3.에서와 같이 모델의 피라미드 영상을 만들었다. 1개의 모델에 대해 실험을 하였다. 모두 76개의 입력 영상을 사용하였다 그중 실제로 물체가 있는 영상이 51개, 물체가 없는 영상은 25개이다.

피라미드 영상을 통한 매칭과 피라미드 영상을 사용하지 않은 매칭의 결과를 비교하였다. 그림4.은 모델과 매칭 결과를 보여준다.

피라미드를 사용하지 않은 알고리즘을 A라 하고, 피라미드를 사용한 알고리즘을 B라고 했을 때, 표1.은 실험의 결과를 나타낸다.



<그림3. 모델 이미지와 피라미드 매칭을 수행한 결과>

	알고리즘 A		알고리즘 B	
	Actual Positive	Actual Negative	Actual Positive	Actual Negative
Predicted Positive	32	19	44	7
Predicted Negative	18	7	22	3

<표1. 실험 결과 >

표1.에서 보여 주듯이 본 논문에서 제안한 피라미드 영상을 이용한 매칭을 통해 성능이 좋아졌음을 볼 수 있다. 물체가 있는 영상에서 인식률은 63%에서 86%로 좋아졌고, 물체가 없는 영상에서 없다고 말하는 확률은 72%에서 88%로 좋아졌다.

5. 결론 및 고찰

본 논문에서는 컬러 동시발생 히스토그램의 피라미드 매칭에 의한 물체인식을 구현하였다. 피라미드 매칭을 사용하는 것이 그렇지 않은 것보다 좋은 성능을 낼 수 있다는 것을 실험을 통해 보여주었다.

감사의 글

이 논문은 서울시 산학연 협력사업(10662)의 지원을 받아 연구되었습니다.

참고 문헌

- [1] Peng Chang, John Krumm, "Object Recognition with Color Cooccurrence Histograms", IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Fort Collins, CO, June 23-25, 1999
- [2] David.G.Lowe, "Distinctive Image Features form Scale-Invariant, Keypoints." International Journal of Computer Vision 2004, January 5, 2004, pp.1-28
- [3] Krystian Mikolajczyk and Cordelia Schmid, "Indexing

based on scale invariant interest point," Computer Vision, 2001. ICCV 2001.Proceedings. Eighth IEEE International Conference, Vol. 1, pp.525-531.

- [4] Kristen Grauman and Trevor Darrell, "The Pyramid Match Kernel: Discriminative Classification with Sets of Image Features", In Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision, Beijing, China, October 2005.
- [5] A. Berg, T. Berg, and J. Malik, "Shape Matching and Object Recognition Using Shape Contexts." , IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 24(24):509-522, April 2002.
- [6] J. F. Li ,K.Q.Wang, D.Zhang,"A new equation of saturation in RGB-to-HSI conversion for more rapidity of computing." , Proceedings of the First International Conference on Machine Learning and Cybernetics, Beijing, 4-5 November 2002.
- [7] Signe A. Redfield, "Efficient object recognition using color quantization", p.46-48
- [8] Signe A. Redfield and John G. Harris, "The role of extreme color quantization in object recognition." In Proceedings of CGIP 2000, pages 225-230, 2000.